



## Technical Report on Operating Accelerators 1995-1996

P. Gudewicz

### ► To cite this version:

| P. Gudewicz. Technical Report on Operating Accelerators 1995-1996. 1998, pp.1-69. in2p3-00383869

**HAL Id: in2p3-00383869**

**<https://hal.in2p3.fr/in2p3-00383869>**

Submitted on 13 May 2009

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# GANIL

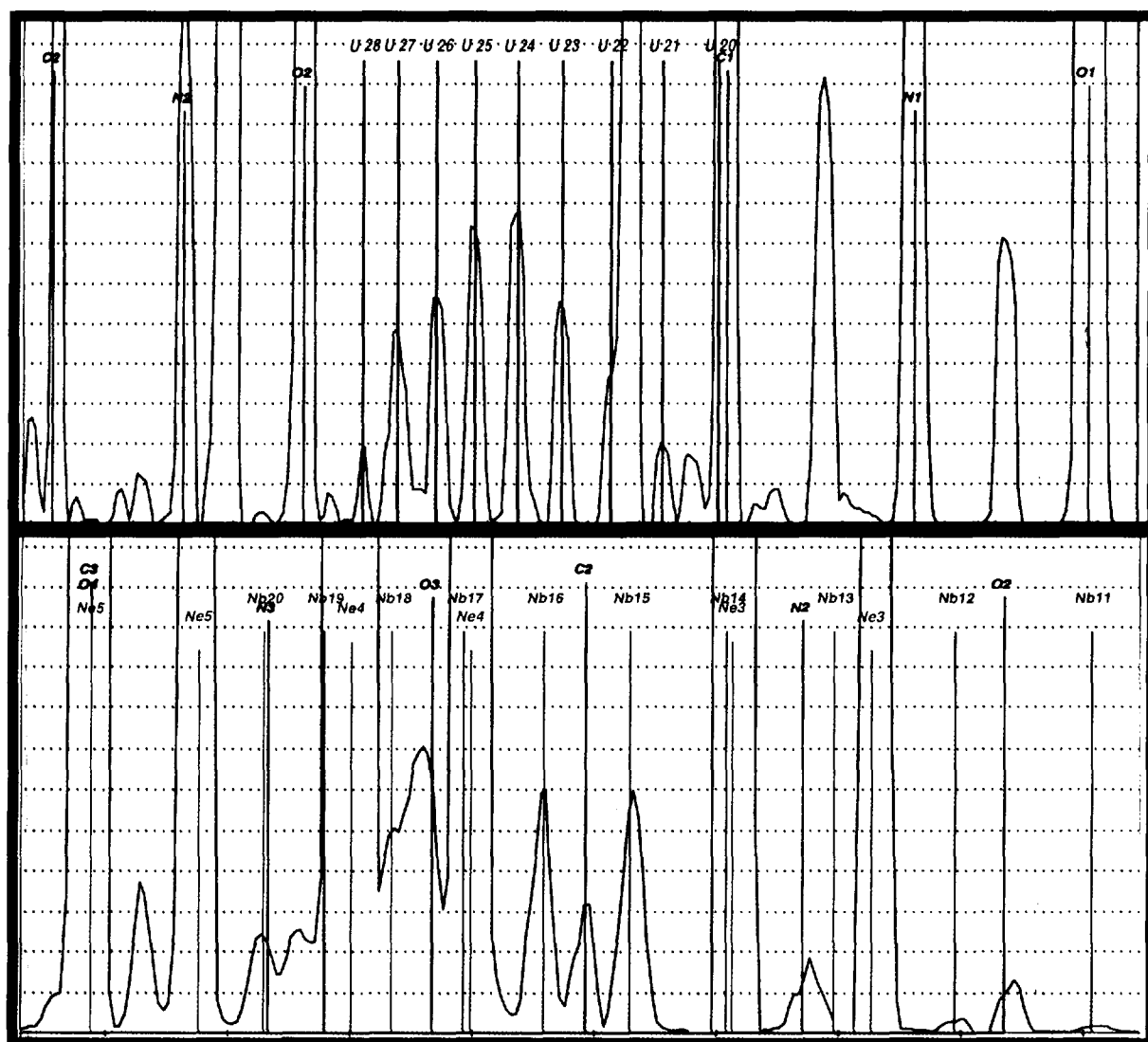


FR9903108

Creation: EUG  
Doc. enreg. le : 5/11/98  
N° TRN : .....  
Destination : I.I+D.D

## RAPPORT TECHNIQUE DES ACCELERATEURS EN OPERATION 1995-1996

## TECHNICAL REPORT ON OPERATING ACCELERATORS



*Spectre d'ions à la sortie de la source.  
Ion spectra after the source extraction.*

3 0 - 3 6

GANIL R 98 04



FR9903108

**RAPPORT TECHNIQUE  
DES ACCELERATEURS EN OPERATION  
1995-1996**

**TECHNICAL REPORT  
ON OPERATING ACCELERATORS**

**GANIL R 98 04**

*Documents et textes réunis par P. GUDEWICZ  
Responsable de la publication : M. BEX*

# **SOMMAIRE**

## **1 FONCTIONNEMENT DE L'ACCELERATEUR EN 1995 ET 1996**

- 1.1 Répartition du temps de fonctionnement de l'accélérateur
- 1.2 Statistiques des ions accélérés
- 1.3 Distribution des pannes par classe d'équipements
- 1.4 Les faits marquants

## **2 ETUDES MACHINE**

## **3 PROGRAMME DE RENOVATIONS**

## **4 ETUDES TECHNIQUES**

- 4.1 Production d'ions métalliques multichargés en associant un laser EXIMER à une source ECR
- 4.2 Production d'ions métalliques multichargés avec une source ECR par la méthode du « sputtering »
- 4.3 La détection des pertes faisceau et le système de protection contre ces pertes faisceau
- 4.4 Fil spiralé tournant
- 4.5 Rénovations des systèmes HF
- 4.6 Rénovation des alimentations et du système RMN
- 4.7 Evolution du cluster de contrôle
- 4.8 Adaptation du système de contrôle en prévision de l'intégration de SPIRAL
- 4.9 Informatique de contrôle des mesures de champ

## **5 SURETE**

## **6 SISSI**

## **7 LE PROJET THI**

### **Annexe 1**

#### **EXPERIENCES REALISEES AVEC L'ACCELERATEUR GANIL EN 1995 ET 1996**

- 1 Expériences réalisées en Physique Nucléaire
- 2 Expériences réalisées en Physique des ions rapides

### **Annexe 2**

#### **TABEAU DES FAISCEAUX D'IONS DEJA ACCELERES AVEC LEURS CARACTERISTIQUES AU 31 DECEMBRE 1996**

### **LISTE DES PUBLICATIONS**

# CONTENTS

## **1 ACCELERATOR OPERATION IN 1995 AND 1996**

- 1.1 GANIL Operation Time Sharing
- 1.2 Statistics of Elements Accelerated
- 1.3 Distribution of Failures by Class of Equipment
- 1.4 Milestones

## **2 MACHINE STUDIES**

## **3 RENOVATION PROGRAM**

## **4 TECHNICAL DEVELOPMENTS**

- 4.1 Production of multicharged metallic ions by the association of an eximer laser and an ECR source
- 4.2 Production of multicharged metallic ions with an ECR source by the sputtering method
- 4.3 Detection of beam losses and safety system for these beam losses
- 4.4 Rotating spiraled wire
- 4.5 Renovation of RF systems
- 4.6 Renovation of power supplies and NMR system
- 4.7 Upgrade of GANIL control system cluster
- 4.8 Adaptation of the GANIL control system to the SPIRAL project
- 4.9 Control system for NMR probes measurements

## **5 SAFETY**

## **6 SISSI**

## **7 THI PROJECT**

### **Annexe 1**

#### **EXPERIMENTS PERFORMED WITH THE GANIL ACCELERATOR IN 1995 AND 1996**

- 1 Experiments Performed in Nuclear Physics
- 2 Experiments Performed in Non Nuclear Physics

### **Annexe 2**

#### **TABLE OF ACCELERATED ION BEAMS WITH THEIR CHARACTERISTICS (31 december 1996)**

### ***PUBLICATION LIST***

## PREFACE

1995 et 1996, avec 1997 à venir, auront été des années de transition. En effet, ces années auront permis de passer d'une utilisation "classique" de l'accélérateur, c'est-à-dire l'accélération d'un faisceau d'ions stables, à la fourniture d'ions exotiques avec SISSI<sup>1</sup> puis avec SPIRAL<sup>2</sup>.

Dans la pratique, cela s'est traduit par :

- **la mise en oeuvre du projet THI<sup>3</sup>**. Démarré en 1994, son but est de permettre l'accélération et le transport de  $1 \text{ à } 2 \cdot 10^{13}$  ions par seconde (ions légers jusqu'à l'argon) jusqu'à la cible de SISSI puis de SPIRAL. Cela correspond à une augmentation d'un facteur 15 de l'intensité actuelle et à une puissance du faisceau pouvant atteindre 6 kW. Les premiers essais ont eu lieu fin 96 et l'objectif est d'avoir ces faisceaux de haute intensité disponibles fin 97;
- **l'amplification du programme de rénovation**. L'objectif de ce programme est d'améliorer la fiabilité et les performances de l'accélérateur indispensables à une utilisation efficace de SISSI et SPIRAL;
- **la mise en opération de SISSI**. Installé en 1994, SISSI a nécessité un travail important pour rendre son fonctionnement fiable et efficace;
- **la construction de SPIRAL**. L'accélérateur a été arrêté 6 mois pendant l'hiver 94-95 afin de réaliser les travaux de génie civil, ce qui a permis, en parallèle, d'avancer dans le programme de rénovation de l'accélérateur. Pendant ces 2 années 95 et 96, les agents d'exploitation ont fortement participé à la conception et à la réalisation des différents composants de SPIRAL.

Pendant ce temps, le faisceau continuait d'être fourni aux expériences de physique avec des caractéristiques toujours plus pointues et avec la meilleure disponibilité possible. Dans ce cadre, des efforts très importants ont été faits:

- pour **améliorer la maîtrise des sources d'ions** en mettant en oeuvre de nouvelles méthodes de production d'ions métalliques (méthode du "sputtering" en particulier);
- pour **diminuer les temps de réglage** de l'accélérateur. Moins de 24 heures sont maintenant suffisant pour changer de faisceau lorsque l'injecteur est réglé à l'avance, ce qui est rendu possible par l'utilisation en alternance des ensembles injecteurs;
- pour **améliorer la qualité des réglages**, souvent en collaboration avec les physiciens utilisateurs, en particulier pour SISSI.

Ces différentes actions, à mener de front avec le même personnel technique, ont engendré des **conflits de priorité** qui se sont soldés inévitablement par des reports de travaux. En particulier, le programme de rénovation, bien avancé pendant le long arrêt de 95 avec des résultats encourageants sur la **fiabilité**, a été partiellement suspendu en 96. De même, la faible disponibilité de certains agents (ingénieurs d'opération en particulier) n'a pas toujours permis d'assurer en toute circonstance la plus haute qualité des faisceaux.

L'aboutissement des projets THI et SPIRAL en 98 devrait permettre de **redonner** à l'exploitation des accélérateurs la priorité qu'elle avait auparavant et ainsi fournir aux utilisateurs un faisceau de qualité constante et adaptée à leurs besoins.

Enfin, ce bref aperçu de ces deux années d'exploitation de l'accélérateur serait incomplet si l'on ne parlait pas de **l'incident de sûreté** survenu le 9 juin 95 (ouverture des portes de la casemate de CSS1 en présence du faisceau). Cet incident a reporté d'un mois et demi le démarrage de l'accélérateur (13 juillet 95 au lieu de début juin) et nécessité la mise en place d'un système de gestion provisoire des accès en parallèle sur l'**ancien** en attendant le système définitif redondant mis en place en mai 96.

F. LOYER, chef d'exploitation

---

<sup>1</sup> Source d'Ions Secondaires à Supraconducteurs Intense

<sup>2</sup> Système de Production d'Ions Radioactifs Accélérés en Ligne

<sup>3</sup> Transport des Hautes Intensités

## FOREWORD

1995 and 1996, together with the forthcoming year 1997, have been transitional years. Indeed, for these years, the use of the accelerator is passing from the acceleration of stable ions to the production of exotic ions with SISSI<sup>4</sup> and SPIRAL<sup>5</sup>

In practice, this brought about :

- **establishment of the THI<sup>6</sup> project.** Started in 94, its goal is to allow the acceleration and the transfer of 1 to 2  $10^{13}$  ions per second (light ions up to Argon) onto the SISSI and SPIRAL targets. This requires an increase of the present intensity by a factor of 15 and a beam power reaching 6 kW. The first tests have been carried out at the end of 96 and it is planned to get the high intensity beam available for the end of 97.
- **extension of the renovation program.** The objectives of this program are to improve the reliability and the performances of the accelerator required by an efficient use of SISSI and SPIRAL.
- **completion of the commissioning of SISSI.** Installed in 94, SISSI required important work to get it running reliably and efficiently.
- **building of SPIRAL.** The accelerator has been stopped for 6 months during the 94-95 wintertime in order to work on the SPIRAL infra-structures. During this shutdown, the accelerator renovation program has progressed. For these 2 years 95 and 96, the accelerator operation staff greatly contributed to the design and the construction of the various components of SPIRAL.

During this time, the ion beam, with better and better characteristics and with the best possible availability, was still provided to the physics experiments. To get such a beam, great efforts have been made :

- **to improve the ECR ion source performances.** In particular, new methods have been designed and tested to produce metallic ions, like the sputtering method for instance.
- **to reduce the accelerator tuning time.** From now on, less than 24 hours are sufficient to tune a new beam if the injector is already tuned (this is possible thanks of the alternation of the injectors).
- **to improve the quality of the tuning,** often with the collaboration of the users, in particular for the SISSI tuning.

To carry out these various tasks with the same technical staff has induced **priority conflicts** and, consequently, postponement of some tasks. In particular, the renovation program, which has given encouraging results on the reliability after the works during the 6 month 94-95 winter shutdown, has been partially suspended in 96. Another consequence was been the low availability of the staff (particularly operation engineers) which has not allowed the highest quality of the beam always to be insured.

The completion of the THI and SPIRAL projects in 98 should restore the highest priority of the accelerator operation and, thus, deliver again a beam whose quality is constant and adapted to the physics requirements.

Finally, no overview of these two years of operation would be complete if the **9th June 95 safety incident** was not mentionned (acceleration of the beam while the doors of the SSC1 room were opened). This incident has postponed for a month and half the starting of the accelerator after the 94-95 winter shutdown (13th July 95 instead of the beginning of June). It also required the installation of a temporary system in parallel with the former one to manually control the accesses into the accelerator rooms, while waiting for a new system which was subsequently installed in May 96.

F. LOYER, head of the accelerator operation

---

<sup>4</sup> Superconducting Intense Source for Secondary Ions

<sup>5</sup> System for Production of on Line Accelerated Radioactive Ions

<sup>6</sup> Transfer of High Intensity



FR9903109



**FONCTIONNEMENT  
DE L'ACCÉLÉRATEUR  
EN 1995 ET 1996**



# 1 - FONCTIONNEMENT DE L'ACCELERATEUR EN 1995 ET 1996

## 1-1 Répartition du temps de fonctionnement de l'accélérateur :

### 1995

L'accélérateur a fonctionné pendant 20 semaines réparties en 3 périodes :

- du 13/07 au 04/08
- du 21/08 au 13/10
- du 23/10 au 23/12

	Programmé (heures)	Réalisé (heures)	Réal./Prog. %	Réal %
Etablissement des faisceaux	698	860,5	123,28	26,12
Physique nucléaire (HE)*	1880	1760	93,62	53,41
Physique non nucléaire (HE)*	279	260,5	93,37	7,91
SIRa **	120	108,5	90,42	3,29
Irradiations industrielles	64	47	73,44	1,43
Etudes machines	95	91	95,79	2,76
Maintenances	159	167,5	105,35	5,08
TOTAUX	3295	3295		100

\* HE : Hautes Energies

\*\* SIRa Séparateur d'Ions Radioactifs

### Disponibilité pour les utilisateurs :

	Heures	%
Faisceau disponible	1924,75	88,45
Indisponibilités fortuites : Reprises de réglages	95,5	4,39
Indisponibilités fortuites : Pannes	127,25	5,85
Arrêts maintenance	28,5	1,31
Totaux	2176	100

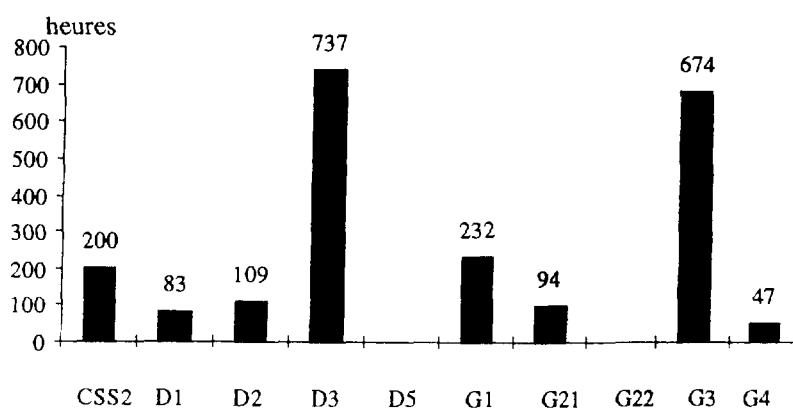


Diagramme d'occupation des salles

# 1996

L'accélérateur a fonctionné pendant 36 semaines réparties en 5 périodes :

- du 04/03 au 09/04
- du 18/04 au 07/06
- du 17/06 au 02/08
- du 19/08 au 04/10
- du 14/10 au 29/11

	Programmé (heures)	Réalisé (heures)	Réal./Prog. %	Réal %
Etablissement des faisceaux	880,00	982,00	111,59	18,1
Physique nucléaire (HE)*	3 236,00	3 180,50	98,28	58,7
Physique non nucléaire (HE)*	544,00	531,50	97,70	9,8
SIRa **	230,00	203,00	88,26	3,7
Irradiations industrielles	32,00	22,00	68,75	0,4
Etudes machines	405,00	408,00	100,74	7,5
Maintenances	96,00	96,00	100,00	1,8
<b>TOTAUX</b>	<b>5 423,00</b>	<b>5 423,00</b>		<b>100,00</b>

\* HE : Hautes Energies

\*\* SIRa Séparateur d'Ions Radioactifs

## Disponibilité pour les utilisateurs :

	Heures	%
Faisceau disponible	3 423,75	86,96
Indisponibilités fortuites : Reprises de réglages	131,50	3,34
Indisponibilités fortuites : Réglages Aires	99,00	2,51
Indisponibilités fortuites : Pannes	218,75	5,56
Arrêts maintenance	64,00	1,63
<b>Totaux</b>	<b>3 937,00</b>	<b>100</b>

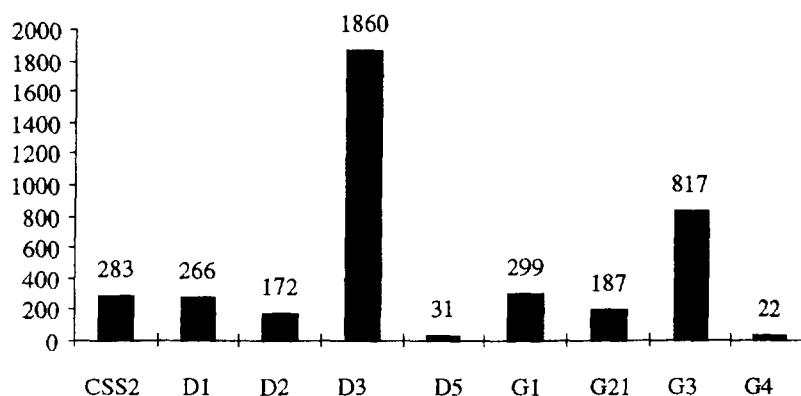


Diagramme d'occupation des salles

## 1-2 Statistiques des éléments accélérés

### 1995

23 faisceaux ont été réglés en 1995 dont 18 faisceaux différents et 9 nouveaux (NF):

ION	Energie MeV/u
<sup>14</sup> N <sup>27+</sup> NF	30,0
<sup>16</sup> O <sup>4/8+</sup>	70,0
<sup>18</sup> O <sup>4/8+</sup>	76,0
<sup>22</sup> Ne <sup>5/10+</sup> NF	60,5
<sup>36</sup> Ar <sup>5/17+</sup>	43,5
<sup>36</sup> Ar <sup>10/18+</sup>	95,0
<sup>36</sup> S <sup>10/16+</sup>	75,0
<sup>36</sup> S <sup>10/16+</sup> NF	77,5
<sup>40</sup> Ca <sup>7/18+</sup>	30,0

ION	Energie MeV/u
<sup>40</sup> Ca <sup>9/20+</sup>	95,0
<sup>50</sup> Cr <sup>9/11+</sup>	5,2
<sup>78</sup> Kr <sup>17/34+</sup> NF	73,0
<sup>86</sup> Kr <sup>16/33+</sup> NF	60,5
<sup>86</sup> Kr <sup>15/34+</sup> NF	60,5
<sup>93</sup> Nb <sup>13/31+</sup> NF	25,0
<sup>116</sup> Sn <sup>16/37+</sup> NF	25,0
<sup>125</sup> Te <sup>20/45+</sup> NF	40,0
<sup>208</sup> Pb <sup>23+</sup>	4,6

### 1996

26 faisceaux ont été réglés en 1996 dont 19 faisceaux différents et 11 nouveaux (NF):

ION	Energie MeV/u
<sup>12</sup> C <sup>3/6+</sup> NF	75,0
<sup>13</sup> C <sup>2/6+</sup> NF	35,0
<sup>24</sup> Mg <sup>7/12+</sup>	95,0
<sup>36</sup> Ar <sup>10/18+</sup>	95,0
<sup>36</sup> S <sup>10/18+</sup> NF	77,5
<sup>40</sup> Ar <sup>9/17+</sup> NF	70,0
<sup>40</sup> Ar <sup>9/18+</sup>	77,0
<sup>50</sup> Cr <sup>9/12+</sup>	4,4
<sup>50</sup> Cr <sup>13/23+</sup> NF	82,0

ION	Energie MeV/u
<sup>86</sup> Kr <sup>17/34+</sup>	60,3
<sup>92</sup> Mo <sup>16/37+</sup> NF	60,0
<sup>93</sup> Nb <sup>16/36+</sup> NF	53,0
<sup>106</sup> Cd <sup>21/44+</sup> NF	66,5
<sup>116</sup> Sn <sup>16/37+</sup>	25,0
<sup>125</sup> Te <sup>17/38+</sup> NF	25,0
<sup>129</sup> Xe <sup>18/44+</sup> NF	44,0
<sup>208</sup> Pb <sup>25/56+</sup>	29,0
<sup>238</sup> U <sup>24/58+</sup>	24,0
<sup>238</sup> U <sup>28+</sup> NF	5,5

### 1-3 Distribution des pannes par classes d'équipements

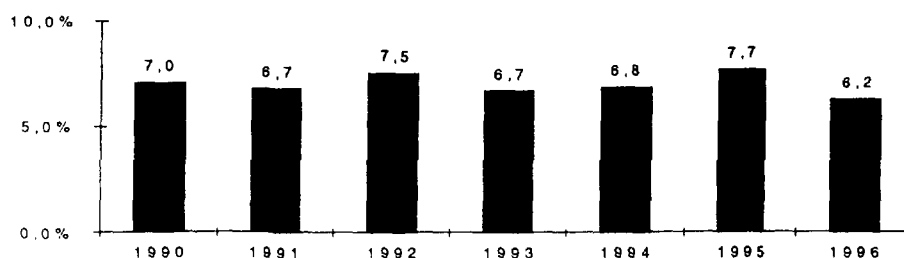
1995

		Total en heures		Total annuel	
		Physique	Réglages	Heures	%
1	Alimentations de courant	23,00	6,50	29,50	11,69
2	Alimentations de tension				
3	Electronique	3,75	16,75	20,50	8,13
4	Informatique	4,50	0,75	5,25	2,08
5	Automates	0,50		0,50	0,20
6	Organes de sécurité et de radioprotection	13,50	6,75	20,25	8,03
7	Equipements de vide	9,50	20,00	29,50	11,69
8	Systèmes de refroidissement	0,50	13,00	13,50	5,35
9	Cavités haute fréquence	45,00	56,50	101,50	40,24
10	Sources ECR	13,50	1,50	15,00	5,95
11	Pannes d'équipement	0,75	2,00	2,75	1,09
12	SISSI	10,00	1,00	11,00	4,36
13	Pannes consécutives aux coupures de la puissance électrique	2,00	1,00	3,00	1,19
<b>Totaux</b>		126,50	125,75	252,25	100

1996

		Total en heures		Total annuel	
		Physique	Réglages	Heures	%
1	Alimentations de courant	39,00	21,00	60,00	18,13
2	Alimentations de tension				
3	Electronique	0,75	1,00	1,75	0,53
4	Informatique	10,75	5,75	16,50	4,98
5	Automates	1,50	2,00	3,50	1,06
6	Organes de sécurité et de radioprotection	19,25	4,00	23,25	7,02
7	Equipements de vide	21,00	10,50	31,50	9,52
8	Systèmes de refroidissement	9,50	15,75	25,25	7,63
9	Cavités haute fréquence	43,25	32,25	75,50	22,81
10	Sources ECR	9,00	7,25	16,25	4,91
11	Pannes d'équipement	52,00	19,75	71,75	21,68
12	SISSI	5,50		5,50	1,66
13	Pannes consécutives aux coupures de la puissance électrique	0,25		0,25	0,08
<b>Totaux</b>		211,75	119,25	331,00	100

Evolution du taux de pannes annuel ( % )



## 1-4 Les faits marquants :

1995

### 1.4.1. Incident de sûreté du 9 juin 1995

La machine a été arrêtée du 9 juin 95 au 13 juillet 95 suite à une ouverture intempestive des portes de CSS1 alors que le faisceau était présent dans la salle. La machine a redémarré le 13 juillet après installation d'un système manuel provisoire (DMP) de gestion des accès et autorisation de la Direction de la Sûreté des Installations Nucléaires (DSIN) (voir Chap. 5 pour plus de détails).

En conséquence de cet incident, le faisceau n'a presque pas été fourni à la SME pendant la physique « Haute Energie » car le DMP considère D1 comme une salle de la machine, ce qui excluait toute entrée dans cette salle.

### 1.4.2. Pannes

Quatre pannes importantes (autre SISSI) méritent d'être relevées :

- \* 13 juillet : court-circuit à la terre des bobinages du transformateur 20kV/600V de l'alimentation principale de CSS1. Le transformateur a été remplacé par un rechange qui, fort heureusement, avait été prévu. Un transformateur sans huile a été acheté pour le remplacer.

- \* 31 août : fuite d'eau sur un circuit de refroidissement du premier canal magnétique d'éjection de CSS2 (SMe2). Le canal a été remplacé par son rechange après 4 jours d'intervention (le recul de la cavité HF est nécessaire pour intervenir).

- \* 30 octobre : panne de l'alimentation de C02. La recherche des causes et la réparation aura demandé un mois et 200 heures de travail. L'utilisation de C01 aura permis d'éviter un arrêt du faisceau.

- \* 12 novembre : panne de l'amplificateur de la cavité nord de CSS2. Trois composants (ventilateur puis condensateur variable et enfin résistance de puissance) ont lâché entraînant 2 jours d'arrêt plus une semaine de fonctionnement avec une seule cavité.

Dans les quatre cas, les pannes étaient certainement dues au vieillissement des équipements de la machine.

De très nombreuses petites pannes ont eu lieu régulièrement qui dénotent une dégradation de la fiabilité de nombreux composants que, seul, un programme ambitieux de rénovation permettra de juguler.

### 1.4.3. SISSI

SISSI, après de longs mois d'arrêts, a été démarré fin août, permettant la réalisation de l'expérience E231 avec le  $^{78}\text{Kr}$ . Malheureusement, un "quench" n'a pas permis d'utiliser SISSI pour l'expérience E255 avec le  $^{22}\text{Ne}$ . Plus tard (1/11/95), SISSI est à nouveau tombé en panne (rupture des boulons qui maintiennent la tête cryogénique). Toutefois, la réparation a permis de redémarrer SISSI le 13/11/95 et de l'utiliser pour les expériences E246, E237 et E251 avec l' $^{18}\text{O}$  (voir chap. 6 pour plus de détails).

### 1.4.4. Les sources

L'utilisation alternée des 2 injecteurs a permis de préparer et de régler la source et l'injecteur pour le faisceau suivant, réduisant ainsi le temps de réglage des faisceaux (27 heures ont été suffisantes en moyenne avec un record de 15 heures). D'autre part, cela permettait aussi de tester les nouveaux ions avant de les accélérer.

Des progrès significatifs dans la production des ions métalliques ont été faits, ce qui permettra de programmer de nouveaux ions dès 1996 (Mo, Ti) ou de fournir certains autres ions avec une plus grande fiabilité (Nb, U, Ca, Cd, Ta, W,...) grâce à la méthode du sputtering ou à une meilleure maîtrise de l'utilisation de la tige.

## 1.4.5. Mise en opération de l'UGS-R

L'UGS-R (Unité de Gestion des Sécurités - Redondant) a été mis en opération le 23 mai après autorisation de la DSIN (autorités de sûreté). Après six mois d'utilisation, il apparaît comme très fiable et efficace, rendant la confiance dans l'ensemble UGS2/UGS-R pour gérer les accès et la sécurité des personnels. (voir Chap. 5 pour plus de détails)

## 1.4.6. Pannes et fiabilité

Deux pannes ont engendré des arrêts longs de l'accélérateur :

- \* la première panne de SSSI (88h + 1 semaine d'arrêt)
- \* l'incendie du support de la résistance de répartition du potentiel du tube accélérateur de la plateforme de C01 (45h).

Si l'on exclut ces pannes, il apparaît une nette amélioration de la fiabilité de la machine. En particulier :

- \* le taux de pannes moyen en 96 est de 6,2% comparé aux 7,7% de 95
- \* le taux d'occurrence des pannes est nettement plus faible en 96 (0,8 panne par jour) qu'en 95 (1,1 panne par jour), ce qui perturbe nettement moins la physique
- \* de nombreuses pannes sont intervenues sur des équipements non encore rénovés, ce qui donne l'espoir d'améliorer encore la fiabilité au fur et à mesure de l'avancement du programme de rénovation
- \* si l'on exclut deux pannes lourdes sur le vide (fuites d'eau dans les lignes), l'amélioration est particulièrement sensible dans les dernières périodes, fruit des travaux de rénovation effectués pendant l'arrêt d'hiver 95-96 et consolidés au cours du fonctionnement.

Au niveau du type des pannes, les systèmes HF et les alimentations de courant représentent plus de 40% des pannes ce qui justifie l'effort particulier dans ce domaine au sein du programme de rénovation (voir Chap. 3 les détails de ce programme).

## 1.4.7. Temps de réglage

En corollaire de l'amélioration de la fiabilité, les temps de réglage de l'accélérateur diminuent aussi. Le temps pour changer de faisceau est très souvent inférieur à 3 UT. Dès 97, il est envisagé de réduire le temps programmé pour changer de faisceau à :

- \* 2,5 UT pour un gaz (3 UT en 96)
- \* 3 UT pour un métal facile à produire (4 UT en 96)
- \* 4 UT pour un métal difficile à produire ou un faisceau d'énergie très basse ( $f < 7,5$  MHz).

Ces temps impliquent bien sûr que l'injecteur puisse être réglé à l'avance, sinon il faut ajouter le temps nécessaire à la préparation et au réglage de la source et de l'injecteur (2 à 5 UT !).

Cette amélioration est due :

- \* à l'alternance des injecteurs
- \* aux performances très améliorées des commandes et contrôles
- \* aux procédures de réglages mieux adaptées
- \* à l'aide en ligne sur informatique
- \* à la meilleure fiabilité des équipements
- \* à l'utilisation de l'UGS-R à la place du DMP.

Une réduction supplémentaire du temps de réglage pourrait être obtenue

- \* en automatisant certains réglages (l'alignement et l'adaptation automatiques sont en cours de conception)
- \* en améliorant la formation théorique et pratique des Opérateurs et des Ingénieurs de réglage. Des séminaires seront organisés dans ce sens pendant l'arrêt d'hiver.

#### 1.4.8. SISSI

- *Pannes*

Deux pannes ont perturbé le fonctionnement de SISSI. La première est survenue le 01 avril. L'origine était une pollution anormale du circuit de cryogénie dû au filtre en zéolithe prévu pour piéger l'eau du circuit d'hélium. A la suite de cette panne, le programme de fonctionnement de la machine a été bouleversé, l'accélérateur ayant été arrêté les semaines 15 et 16 à la place de la semaine 17.

La deuxième panne de nature différente est apparue le 30 juin : une canalisation d'hélium a touché l'une des amenées de courant, ce qui a provoqué un court circuit et une perforation de cette canalisation. Après cette panne, SISSI a été déclaré non opérationnel tant que sa fiabilité ne serait pas assurée. (voir Chap. 6 pour plus de détails).

- *Utilisation*

Cinq expériences de physique avaient utilisé SISSI au cours du premier semestre 1996 avant la panne du 30 juin.

Quelques difficultés de positionnement du faisceau au centre de la cible, ainsi que des difficultés de réglage lors de l'utilisation du dégradeur achromatique dans le spectromètre alpha, ont conduit le Groupe SISSI à décider un certain nombre de modifications mécaniques, qui seront réalisées pendant l'arrêt 96-97 :

- agrandissement de la fenêtre du porte-cible
- mesure tomographique de la position du faisceau
- fiabilisation de la mesure de la rotation de la cible
- réalisation d'un dégradeur à trois positions dans le spectromètre alpha (actuellement, une seule position).

En outre, un "guide de l'utilisateur SISSI" a été réalisé par le Groupe SISSI, dans lequel toutes les informations nécessaires à la préparation des expériences et à la conduite des faisceaux secondaires sont rassemblées. Le guide est disponible pour tous les utilisateurs, et devrait rendre l'exploitation de SISSI plus aisée.

#### 1.4.9 . THI

Pour avancer dans la maîtrise de la production de faisceaux de hautes intensités, un temps important d'études machine a été programmé. Cela a représenté environ 7% du temps de fonctionnement.

Parmi ces études machine, on peut relever le premier essai de production de faisceau THI qui a été réalisé en semaine 36 pendant 3 jours. Cet essai fut très positif car il a permis de valider le principe des systèmes de sécurité et de lister toutes les actions à mener pour arriver à un fonctionnement stable et fiable. Un courant de  $1,1 \cdot 10^{13}$  pps a été produit jusqu'à CSS2 (équivalent 6 kW). Seulement  $0,37 \cdot 10^{13}$  pps (2 kW) ont été sortis de CSS2 à cause d'un rendement insuffisant de CSS2 (l'éjection n'a pas pu être optimisée et le regroupeur R2 n'était pas réellement opérationnel). (voir Chap. 7 pour plus de détails)

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**



FR9903110



**ETUDES**

**MACHINE**

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**



## Nouvelle méthode de réglage de l'accélérateur GANIL/573.96 MH.MOSCATELLO

Le but était de régler ce faisceau à partir de paramètres déjà réglés en Mai 1996, en appliquant une méthode de réglage proche de celle utilisée après une disjonction totale de la machine. Le faisceau utilisé était du  $^{86}\text{Kr}$  à 60 MeV/A.

### 1. METHODE DE REGLAGE:

Elle consiste à réafficher tous les paramètres avec une grande précision, et à agir en ligne sur les paramètres connus comme étant non reproductibles après disjonction (typiquement phases et tensions des groupeurs, phases et tensions HF, tension d'extraction de la source...), sans reguider le faisceau dans les lignes, et sans optimiser pas à pas les réglages des différents équipements comme cela est pratiqué habituellement, pour obtenir les rendements du réglage de référence.

La seule condition de départ est d'avoir (ou d'obtenir) un faisceau identique à celui du réglage précédent dans l'injection axiale du C0.

Cette idée a été dictée d'une part, par l'étonnante rapidité avec laquelle le faisceau était réglé après une disjonction (situation au cours de laquelle cette méthode est appliquée; on considère en effet que l'on doit rapidement "retrouver le faisceau" et non pas le "régler"), et d'autre part par les analyses des réglages de faisceaux qui montrent que la non reproductibilité des réglages est prépondérante dans les lignes (notamment au niveau de l'alignement).

### 2. RESULTAT

Le réglage de l'accélérateur a duré approximativement 6 heures, relevés compris. Les rendements du réglage de référence ont été reproduits avec une bonne précision, en agissant essentiellement sur les paramètres de tensions et phases HF, quelques tensions électrostatiques, et les champs magnétiques des CSS.

A aucun moment, l'alignement du faisceau n'a été repris.

Avant de pouvoir tirer des conclusions plus définitives, il est bien évident qu'il faut tester à nouveau cette méthode, d'une part en utilisant l'autre injecteur, et d'autre part avec des faisceaux métalliques.

### Comparaison des réponses de deux types de profileurs

JL.VIGNET Y.GEORGET

L'utilisation conjointe de nouveaux types de profileurs non interceptifs à galettes de micocanaux (GMC) avec les profileurs à émission secondaire à fils (EMS) nécessitait une comparaison de leur réponse respective sur une même faisceau.

Un profileur à GMC a été installé dans la ligne d'injection du CSS2, à 15 cm d'un profileur EMS. Les comparaisons ont porté sur la largeur à mi-hauteur et le

centre de gravité du faisceau, pour différentes conditions. Les résultats sont les suivants :

- 1- le centre de gravité mesuré est identique sur les deux types de profileurs, quelle que soit l'intensité ou la position du faisceau.
- 2- pour de petites intensités (jusqu'à 20 nAe) le profileur GMC donne un élargissement (20%) comparé au profileur EMS. Pour des intensités supérieures, l'écart diminue et devient nul au delà de 200 nAe.
- 3- la largeur à mi-hauteur indiquée par le profileur GMC, augmente dès que le faisceau s'écarte du centre du profileur, et ceci d'autant plus que le faisceau est décentré. Des études supplémentaires vont être menées pour solutionner ce point.

### Sensibilité des conditions d'injection du faisceau dans CSS1 et CSS2 à des variations (dérives des alimentations) des éléments magnétiques des lignes de transport

GANIL/561.96 A.SAVALLE

Il s'agissait de définir la précision à laquelle doivent être surveiller les alimentations des lignes de transfert L1 et L2 dans le cadre du fonctionnement avec des faisceaux THI.

### Préparation d'une application d'adaptation automatique

GANIL/554.96 A.SAVALLE

Cette étude avait pour but de tester un programme d'adaptation automatique du faisceau aux différents postes d'adaptation des lignes des transfert. La méthode consiste à mesurer le faisceau sur 3 profils situés aux postes d'adaptation, puis de calculer les corrections à apporter aux 4 quadripôles situés en amont pour avoir un faisceau adapté. Pour arriver à un résultat satisfaisant, il est nécessaire de faire plusieurs corrections successives.

### Transmission dans L1 et CSS1 d'un faisceau d'Argon correspondant à 6kW dans CSS2

GANIL/506.96 E.BARON

C'est une étude machine liée au projet de transport des faisceaux de fortes intensités (projet THI). Le but de cette étude était de transporter l'intensité de faisceau prévue pour THI jusqu'à l'entrée de CSS1, de transporter ensuite l'intensité maximale acceptable par CSS1 jusqu'à l'éplucheur et d'affiner les procédures de réglages pour des faisceaux de forte intensité (voir le chapitre 7 pour plus de détails).

### Optimisation de la transmission du CSS2

GANIL/557.96 MH.MOSCATELLO

Cette étude avait pour but de montrer qu'il était possible d'atteindre les rendements prévus à partir des caractéristiques du faisceau mesurées.

## **Réglages du regroupeur R1**

*GANIL/593.95 F.LOYER*

L'objectif était de comparer les réglages du regroupeur fait d'une part avec une sonde d'extension en phase (L1.PE22) et un phasemètre à l'entrée de CSS1. Le but final étant de développer une application de réglage automatique et rapide du regroupeur.

## **Champ de CSS2**

*GANIL/503.96 MH. MOSCATELLO*

Le but de cette étude est de déterminer s'il est possible de prérégler le champ de CSS2 sans faisceau, de manière plus fine qu'actuellement. Pour cela il faut mesurer finement le champ dans un secteur puis d'appliquer les corrections d'isochronisme.

## **Fonctionnement du ralentisseur de SISSI**

*GANIL/RI.EXP/550.96 C.BERTHE*

Depuis l'installation de SISSI dans la ligne L3, l'utilisation du porte-cible de SISSI est la meilleure solution pour effectuer des ralentissements. Trois porte-cibles spécifiques ainsi qu'un jeu de cibles ont été étudiés et réalisés. L'étude consistait à étudier les modalités de fonctionnement et à qualifier les faisceaux ralentis.

Cette étude a permis de trouver un compromis entre une taille maximum de faisceau sur la cible et un taux de transmission acceptable. Il faut focaliser le faisceau sur cible avec une tache de l'ordre de 2 mm.



FR9903111



**PROGRAMME  
DE  
RENOVATIONS**

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

# PROGRAMME DE RENOVATION ETAT ET PERSPECTIVES

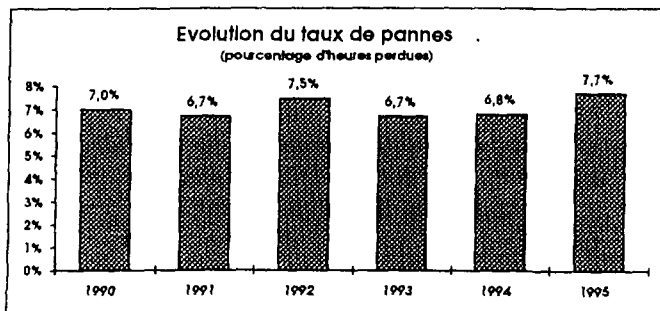
*F. Loyer et les groupes techniques*

## 1. POURQUOI AVOIR LANCE UN PROGRAMME DE RENOVATION ?

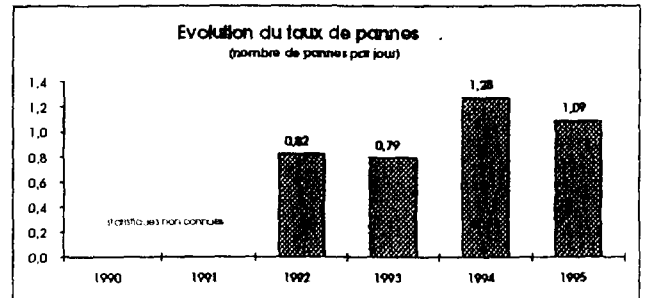
Dans une installation comme GANIL, une partie importante des équipements est sujette au vieillissement et à l'usure. Bien que cela dépende du type de matériel, la durée de vie moyenne de ces équipements (hors matériel informatique) est estimée à 15 - 20 ans. Dans certains cas, il ne s'agit même pas de problème de durée de vie mais simplement d'obsolescence qui rendent l'utilisation de certains composants incompatibles avec l'évolution de certains autres composants.

GANIL a été conçu avec les technologies de 1975 et la majorité des équipements, datant de 1980, a plus de 15 ans d'âge.

Certes, des moyens importants ont été mis en place ces dernières années pour maintenir en état de fonctionnement ces équipements mais il est de plus en plus difficile et onéreux d'assurer cette maintenance. D'ailleurs, comme le montrent les graphiques ci-dessous, le taux de pannes<sup>1</sup> ne baisse pas ces dernières années et a même tendance à augmenter à nouveau en 1994-95 malgré les efforts des agents d'exploitation, prouvant que le seuil de vétusté est largement atteint pour de nombreux équipements. Cela est aggravé par le fait que, en 94 et 95, on dépasse le rythme moyen de une panne par jour (1,3 panne par jour en 94 et 1,1 panne par jour en 95), ce qui est certainement plus perturbant pour la physique que ne le laisse supposer les 6,8 % et les 7,7% de faisceau perdu.



<sup>1</sup> On entend par "panne" tout incident ou dysfonctionnement sur un équipement qui engendre un arrêt de la fourniture du faisceau.



Le tableau suivant montre la répartition des pannes selon les différents équipements en 1995. Les efforts de rénovation doivent aller en priorité vers les équipements de puissance (HF et alimentations) et de vide soit en changeant les composants vieillissants quand c'est possible, soit en améliorant les systèmes de contrôle (automates en particulier) afin de mieux maîtriser la maintenance.

Statistique des pannes du 13 juill. au 26 nov. 95	nb	hrs	%
HF	21	94,0	39,6
Vide : Machine et Aires	15	29,5	12,4
Alimentations de courant	20	27,1	11,5
Electronique	7	20,5	8,6
Gestion des accès (UGS)	12	12,5	5,3
Equipement source ECR	17	10,7	4,5
Refroidissements tous circuits	2	10,5	4,4
SISSI	5	9,5	4,0
Sécurités machine et arrêts de faisceau	5	6,7	2,9
Autres équipements (cumulé)	18	4,0	6,8
<b>Totaux</b>	<b>122</b>	<b>225</b>	<b>100</b>

Or, cette médiocre fiabilité et l'incapacité de faire évoluer certains équipements due à l'obsolescence des composants est contraire aux objectifs de GANIL :

- le projet SPIRAL, opérationnel en 1998, nécessite que le faisceau primaire fourni par GANIL actuel, amélioré en intensité d'un facteur 15 (projet THI), soit d'une fiabilité irréprochable;

- les faisceaux réclamés par la physique (ions stables ou exotiques produits par SISSI) auront des caractéristiques de plus en plus pointues (type d'ions,  $\Delta t$  réduit, dispersion en énergie et émittance faibles,...), ce qui implique des équipements de plus en plus performants;

- le nombre de propositions d'expériences et leur diversité imposent de réduire au minimum les temps perdus en pannes et réglages pour en satisfaire le plus grand nombre, c'est-à-dire de rentabiliser au mieux l'investissement.

C'est pourquoi il était devenu indispensable de mettre en oeuvre un plan de rénovation ambitieux si l'on voulait atteindre ces objectifs.

**Certes, des rénovations avaient déjà été entreprises :**

- sur le système de contrôle (remplacement des MITRA par des stations de travail, utilisation du réseau Ethernet, introduction du VME,...);
- sur le système de vide (remplacement partiel des compresseurs des pompes cryogéniques et du parc d'automates);
- sur les sources d'ions (remplacement de la source ECR3 par une source ECR4 sur C02);
- sur l'électronique du système de mise en phase des cavités HF et de la mesure de la phase du faisceau.

Cependant, cela était tout à fait insuffisant si l'on voulait atteindre, en 1999, un niveau de fiabilité compatible avec la mise en exploitation de SPIRAL.

Toutefois, il faut bien se rendre compte que ce programme ne sera qu'une **première étape** qui concerne les équipements qui nécessitent une action urgente pour éviter d'aboutir à une situation bloquante. Une deuxième étape sera à initier dans les années suivantes pour remplacer les composants de l'accélérateur dont la durée de vie ne peut excéder 20 ans (en particulier, les pompes à vide, certaines électroniques de puissance, ...). Il faut aussi admettre que les équipements lourds ne pourront pas être tous remplacés, ne serait-ce qu'à cause de leur prix. Il faut donc s'attendre à une augmentation du coût de la maintenance, en particulier au niveau des rechanges.

Cette première étape du programme de rénovation est menée dans quatre directions :

- **remplacement des composants obsolètes** afin d'élever le niveau de fiabilité et de permettre une évolution des performances;
- **introduction de systèmes de diagnostics de panne plus performants** dans les équipements lourds qui ne pourront pas être remplacés vu le coût;
- **augmentation substantielle des performances du nouveau système de commande contrôle**, avec remplacement de certains matériels et logiciels déjà proches de l'obsolescence;
- **amélioration des performances de certains équipements fondamentaux** (production d'ions métalliques avec les sources d'ions, instrumentations de faisceau, pupitre de commande....)

*Remarque : le projet THI implique un certain nombre de modifications des équipements. Dans la pratique, ces modifications sont souvent couplées au programme de*

*rénovation (interface des alimentations ou profileurs à GMC par exemple).*

## 2. ETAT D'AVANCEMENT DU PROGRAMME

### 2.1 Premiers résultats

Une première phase a pu être mise en oeuvre pendant l'arrêt de 6 mois de l'hiver 94-95<sup>2</sup>, poursuivie pendant les quelques semaines d'arrêt de la période 95-96. Par contre, afin de libérer le personnel de GANIL pour construire SPIRAL, le programme de rénovation a été partiellement mis en sommeil pendant l'arrêt de 4 mois de l'hiver 96-97. Il reprendra vers la fin 97 lorsque l'essentiel du travail de réalisation de SPIRAL (partie accélérateur) sera terminé.

D'ores et déjà, les rénovations qui ont été effectuées et qui sont décrites en détail dans les paragraphes suivants, ont montré leur efficacité car :

- **le taux de pannes est tombé à 6,2 % en 96** contre 7,7 % en 95 mais surtout le nombre de pannes a diminué de 1,1 panne par jour en 95 à 0,8 panne par jour en 96;
- **le temps mis pour régler les faisceaux est en diminution<sup>3</sup>**, ce qui est un indice de l'amélioration de la fiabilité des équipements car beaucoup de temps était perdu pendant les réglages à cause des pannes. Cela permet de programmer en 97 des temps de 2,5 UT pour régler les faisceaux d'ions gazeux au lieu de 3 UT en 96 (3 UT au lieu de 4 pour la plupart des ions métalliques);
- **un grand nombre de pannes sont intervenues sur des équipements qui n'avaient pas encore été rénovés** et ne seraient certainement pas survenues dans le cas contraire, ce qui encourage à persévérer.

### 2.2 Systèmes HF

#### **2.2.1 Contrôle des cavités HF et de leurs amplificateurs**

Pour chaque cyclotron et pour le regroupeur, l'ensemble cavités-amplificateurs est actuellement contrôlé par un automate APS30-12 pour la partie sécurité du matériel et par un système CAMAC contrôlé par un JCAM-10 pour la partie séquences de démarrage et contrôle de la tension. Les APS30-12 sont obsolètes (maintenance assurée seulement par la récupération de composants sur d'autres APS30-12 déclassés). Les JCAM-10 ne peuvent plus être réparés et leur logiciel ne peut plus évoluer.

D'autre part, les pannes sur les équipements de puissance (amplificateurs et alimentations) sont de plus en plus fréquentes à cause du vieillissement des composants. Comme il est impossible de changer tous les composants de ces équipements, la seule solution est d'avoir des

<sup>2</sup> Cet arrêt était nécessité par le chantier de génie civil de SPIRAL.

<sup>3</sup> A condition que l'alternance des injecteurs puisse être réalisée, sinon il faut ajouter le temps d'allumage de la source et du réglage de l'injecteur (entre 2 et 5 UT).

systèmes de diagnostic nombreux et performants afin de rendre les interventions de dépannage rapides et efficaces, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

Pour toutes les raisons invoquées ci-dessus, il est indispensable de rénover les systèmes de contrôle de la HF avec deux objectifs prioritaires :

- utilisation de matériels modernes et fiables;
- intégration de fonctions d'analyse du fonctionnement des équipements (aide au diagnostic de panne).

Le nouveau système est organisé autour d'un automate SIEMENS directement relié au système informatique par une liaison série rapide.

La baie de polarisation des amplificateurs est aussi refaite afin d'intégrer les nouvelles commandes de l'automate et d'améliorer sa fiabilité.

Enfin, des prises de mesure seront intégrées aux amplificateurs.

Le planning proposé est le suivant :

- CSS2 a été rénové pendant l'hiver 94-95;
- C02 et CSS1 seront rénovés pendant l'hiver 98-99 (il n'a pas été possible de le programmer plutôt à cause des travaux sur SPIRAL)
- C01 et R1 seront rénovés pendant les arrêts d'hiver suivants.

### 2.2.2 Electronique

L'électronique d'asservissement de la tension est obsolète et difficile à maintenir à un haut niveau de fiabilité. Le système ne pourra pas être reproduit tel quel pour la HF de SPIRAL. Aussi, un nouveau système électronique sera développé en 97 et le prototype testé sur SPIRAL. La rénovation pour GANIL pourra être entreprise de 1998 à 2000 sur la base du système développé pour SPIRAL.

Une rénovation de l'électronique de la régulation d'accord et des motorisations associées est aussi envisagée.

### 2.2.3 Système de mise en phase des cavités

La partie électronique du système de mise en phase des cavités a été rénové en 92 - 93. Toutefois, il est toujours contrôlé par un DIVA 68K gérant un châssis CAMAC, système qui ne peut plus évoluer faute de pouvoir modifier le logiciel et qui est contraire à l'évolution du système de contrôle.

Un système à base de VME sera installé sur SPIRAL puis recopié sur GANIL dans le cadre de la rénovation.

## 2.3 Alimentations et Charges

### 2.3.1 Alimentations

Le parc d'alimentations représente environ 500 alimentations. La plupart date de 1980. Les pannes sont de plus en plus fréquentes, certaines devenant même répétitives. Des dérives de la valeur absolue des courants apparaissent, liées au vieillissement des shunts ou des DCCT. Un programme de rénovations est donc absolument nécessaire si l'on veut maintenir un niveau

correct de fiabilité. Cela concerne certaines électroniques d'asservissement, les DCCT mais aussi certains composants de puissance (commutateurs de polarité) et le relaiage.

D'autre part, les interfaces n'étaient pas adaptées au nouveau besoin du projet THI. Il a donc été décidé de rénover ces interfaces qui, désormais, remplissent deux fonctions :

- surveillance du fonctionnement des alimentations (cahier des charges THI) grâce à une intelligence locale;
- standardisation du dialogue avec le système de contrôle malgré l'existence d'une vingtaine de types différents d'alimentations;

Si l'on prend en compte les 100 alimentations dont les interfaces seront changées pendant l'hiver 96-97, environ 300 alimentations seront équipées de nouvelles interfaces pour le redémarrage de l'accélérateur en avril 97. En 98, il s'agira d'équiper les alimentations des aires d'expériences (environ 50) et les alimentations de hautes stabilité (ADC de 18 bits). Quant aux alimentations des correcteurs (environ 150), il n'est pas prévu de les équiper.

De nombreuses alimentations ont eu leur DCCT rénové (alimentations HAZEMEYER) ou leur shunt remplacé par des DCCT (nappes polaires des C0). Le système d'asservissement de certaines alimentations a été rénové (alimentations Hazemeyer).

Enfin, les trois alimentations pulsées ont été entièrement rénovées (en particulier, remplacement du transformateur pour améliorer leur rendement).

La rénovation de l'alimentation du suppresseur de paquets sera effectuée en 98.

### 2.3.2 Système RMN

Le système actuel (SCANDITRONIX NMR751-27) est complètement obsolète, très difficile (impossible ?) à réparer, et saturé en nombre de voies (injecteurs non connectables).

Le nouveau système (METROLAB) a été partiellement installé en 95 et 96 (30 sondes sur 50 ont déjà été installées). Il est prévu de terminer cette rénovation le plus rapidement possible et, pourquoi pas en 97 si le budget le permet dans la mesure où ce système donne entière satisfaction.

### 2.3.3 Grille de commutation

Elle ne pose pas de problèmes quant au fonctionnement des contacts de puissance.

Malheureusement, il est quasiment impossible de connaître son état par l'informatique de contrôle, cela n'ayant pas été prévu à l'origine.

Un petit automate est prévu pour assurer le lien entre les différentes grilles et l'informatique. Il devrait être installé en 97 ou 98.

## 2.4 Vide

### **2.4.1 Equipements de pompage**

Les pompes cryogéniques des CSS étaient alimentées par des compresseurs PHYSIMECA dont l'état actuel inquiète. Il sera de plus en plus difficile d'en assurer la maintenance, de nombreuses pannes difficiles à réparer étant déjà apparues. De plus, ces compresseurs polluent les cryopompes (remontées d'huile).

Les 14 compresseurs de CSS2 ont déjà été remplacés par des CTI8500 en 94.

Ceux de CSS1 seront remplacés entre 96 et 98.

Enfin, la plupart des compresseurs des cryopompes des lignes (40 unités) ont atteint plus de 45000 h de fonctionnement qui est la durée de vie moyenne de ce type de compresseur (CTI SC21). Il faut donc envisager à moyen terme de les remplacer. Une première série a été approvisionnée pour assurer le rechange.

### **2.4.2 Système local de contrôle**

Localement, le système de vide (pompes, vannes, capteurs,...) est géré par des automates qui assurent les séquences de mise en vide et d'aération ainsi que la surveillance de l'état du vide, déclenchant les sécurités quand c'est nécessaire.

Ces automates étaient, à l'origine, des APS30-12 aujourd'hui complètement obsolètes. Un programme de remplacement par des SIEMENS (devenu le standard des automates machine) a été entrepris depuis 92. De plus, grâce à leurs performances et aux terminaux graphiques locaux, ils permettent une bien meilleure surveillance du système de vide de la machine.

Le parc complet d'automates devrait être rénové pour le redémarrage de mars 98 (un seul reste à rénover sur les huit concernés).

## 2.5 Informatique Machine

### **2.5.1 Nouveau système de contrôle**

Le nouveau système de contrôle a été mis en exploitation au début de 93. Outre le remplacement des ordinateurs principaux (ordinateurs MITRA) qui n'étaient plus utilisables, l'objectif principal était de rendre plus performant le système de contrôle vu du pupitre de commande. En effet, les faisceaux demandés par la physique sont de plus en plus variés, avec des caractéristiques de plus en plus pointues et seul un système de contrôle puissant et convivial pouvait permettre de régler ces faisceaux sans passer trop de temps en réglage.

Les grandes options techniques étaient :

- stations de travail et serveurs VAX avec système VMS
- processeurs de terrain RTVAX avec système temps réel ELN
- réseau Ethernet avec le protocole DECNET
- langage de programmation ADA
- abandon progressif du CAMAC au profit du VME.

Techniquement, ces choix étaient justifiés lorsqu'ils ont été faits en 90-91. Malheureusement, l'évolution du marché et des standards de fait vont rendre certaines de ces options techniques obsolètes dans très peu de temps. En particulier :

- VMS est un "Operating System" qui sera amené à disparaître au profit de UNIX (ou WINDOWS NT)
- les processeurs VAX et RTVAX ne sont plus fabriqués et ne peuvent pas supporter UNIX,
- le protocole de réseau DECNET sera de fait obsolète en même temps que VMS.

Seul le langage ADA semble avoir une espérance de vie plus longue à cause de ses utilisateurs prestigieux. Toutefois, il est handicapant à l'usage, même s'il est techniquement très bien adapté, car il ne permet pas de collaboration simple avec les autres laboratoires qui utilisent tous le langage C et le FORTRAN.

En conséquence, une évolution du système de contrôle s'impose dès maintenant..

### **2.5.2 Passage de VMS à UNIX**

Le passage de VMS à UNIX (ou autre système ?) se fera dès que possible mais par étape afin de ne pas perturber le fonctionnement de la machine. Ceci implique :

- remplacement des VAX (stations et serveurs) par des machines AXP (structure RISC 64 bits) qui supportent VMS et UNIX. : à l'exception d'un des deux serveurs, l'ensemble a été remplacé.
- abandon de DECNET au profit de TCP/IP : réalisé en décembre 96;
- évolution des logiciels pour devenir indépendant de VMS : en partie réalisée (la programmation système reste à faire);

### **2.5.3 Migration du CAMAC vers VME**

La migration du CAMAC vers le VME, associée au remplacement à moyen terme de tous les RTVAX par un processeur supportant un système temps réel moderne (aujourd'hui, LYNXOS est un bon candidat), se fera progressivement.

10 châssis VME ont déjà été installés soit en remplacement de châssis CAMAC soit pour des nouveaux équipements.

Les 35 châssis encore en service CAMAC (dont 15 pour les moteurs pas à pas) ne seront remplacés par du VME que lorsque le nouveau processeur sera choisi et opérationnel, donc vers l'an 2000.

### **2.5.4 Base de données**

Une base de données relationnelle (INGRES) a été mise en place dont le rôle est de stocker et fournir :

- les caractéristiques physiques des équipements;
- l'adressage informatique des équipements;
- les paramètres de réglages de la machine issus de :
  - la simulation (paramètres calculés)
  - du dernier réglage (paramètres archivés);
  - du réglage en cours (paramètres stockés);

Cette base de données permettra aussi d'enregistrer au cours du temps certains paramètres essentiels de la machine et de les visualiser graphiquement pour analyse.

#### 2.5.5 Programmes d'application

Un système de contrôle d'accélérateur doit permettre de régler mieux et plus vite le faisceau mais aussi de mieux le surveiller afin de réagir vite en cas de dysfonctionnement. En conséquence, de nombreux programmes d'application ont déjà été conçus pour améliorer l'efficacité des opérateurs en leur fournissant des postes de travail optimisés.

Une deuxième étape prévoit la réalisation de programmes qui effectueront des réglages d'une manière semi-automatique (proposition d'action puis action si accord de l'opérateur) ou complètement automatique en utilisant le résultat de simulation sur des modèles mathématiques.

#### 2.5.6 Salle de commande

Le remplacement des consoles traditionnelles par des stations de travail et l'intégration du pupitre pour SPIRAL nécessitent un réarrangement de la salle de commande. Ce projet devrait se concrétiser pour le redémarrage d'avril 98.

### 2.6 Sources d'ions

La plupart des ions métalliques peuvent être produits en utilisant la technique du four qui a été récemment améliorée et qui peut l'être sans doute encore un peu. Toutefois, les ions métalliques réfractaires comme l'uranium et le tantale ne pourront jamais être réalisés avec cette technique, la température du four étant limitée à 1550° C aujourd'hui (1750°C bientôt ?).

La méthode de la tige léchant le plasma utilisée jusqu'alors donnait des résultats très aléatoires non compatibles avec la fiabilité attendue de GANIL.

Deux autres méthodes ont été essayées :

- vaporisation des ions par un laser U.V;
- arrachage d'ions par "sputtering" avec les ions du plasma.

Ces deux techniques donnent des résultats très encourageants. Compte tenu de son faible coût, un programme de mise en oeuvre de la méthode par sputtering a été lancé en 96 et a déjà donné d'excellents résultats dont un faisceau d'Uranium très stable (2 uAe à la source et 50 nAe sur cible).

### 2.7 Instrumentation de faisceau

Une majorité des rénovations effectuées sur l'instrumentation de faisceau le sont pour THI. En particulier, il faut mentionner le remplacement des moniteurs de profils à fils par des moniteurs à galettes de

micro-canaux non-interceptifs ou par des fils spiralés ainsi que l'amélioration des performances des moniteurs d'intensité. Quelques rénovations supplémentaires sont nécessaires sur certaines instrumentations comme celles mesurant l'extension en phase (déjà effectuée) et la phase centrale (en 97) du faisceau.

## 3. COUT

Le coût de cette première étape de rénovation est estimée à 17MF<sup>4</sup>.

Depuis 94, environ 6,5MF ont déjà été engagés. 2MF devraient encore être engagés en 97. Il est évident que ce rythme de financement ne suffit pas pour mener à son terme ce programme de rénovation dans les trois ans à venir. En conséquence, une demande de budget complémentaire, spécifique à la rénovation, a été faite auprès des tutelles de GANIL.

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

<sup>4</sup> N'est pas compris dans cette somme le coût de la rénovation initiale du système de commandes contrôles en 92-93 ni les rénovations qui sont envisagées au niveau des infrastructures de GANIL (postes électriques 90 kV, réfrigération, bâtiments) ou des aires d'expériences.





FR9903112

**4**

**ETUDES**

**TECHNIQUES**

**NEXT PAGE(S)**  
**left BLANK**

## 4.1 - Production of multicharged metallic ions by the association of an excimer laser and an ECR ion source

L. Bex <sup>a</sup>, P. Lehérissier <sup>a</sup>, J.F. Hamet <sup>b</sup>

<sup>a</sup> GANIL, Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, P.O. BOX 5027, 4021 Caen Cedex, France

<sup>b</sup> CRISMAT ISMRA - Université de Caen, Bd du Maréchal Juin, 14050 Caen Cedex, France

### Abstract

This letter reports on the production and the acceleration, with the GANIL 100 kV high voltage platform, of high charge state uranium ions ( $^{238}\text{U}^{25+}$ ). A pulsed excimer laser, injecting a beam axially through the extraction hole of an ECRIS, has been used for ablation on a rotating uranium target. The particles ejected from the solid surface of the target are ionised in the plasma of the source which is fed with oxygen support gas. A 3 eμA average beam of  $^{238}\text{U}^{25+}$  has been measured with a solid material consumption approximately of 1 mg/h. A laser pulse of  $\approx 30$  ns duration (FWHM) generates a plume of emitted particles of  $\approx 200$  μs duration (FWHM) which is transformed in the plasma into a beam pulse of  $\approx 20$  ms duration (FWHM). Time delays between the start of the laser pulse, the plume and the beam pulse have also been measured.

The mass range of elements accelerated at GANIL [1] extends from carbon to uranium. Many of these elements are solids at standard temperature and pressure (STP). The technique currently used for the production of ions from solid material in the ECRIS is the evaporation of this solid material in electrically heated ovens. An other technique consists in evaporating at the boundary of the source plasma rods made with metal or oxide. A new technique using a pulsed excimer laser (UV radiation) for evaporation of solid material into the source plasma has been tested in our laboratory in April 1995. The laser beam was axially injected through the extraction hole of the source. A similar study has recently been performed [2] at Argonne National Laboratory. Their tests involved a pulsed Nd:YAG laser beam (IR radiation) passing through a radial port of an ECRIS. During the course of these laser studies they discovered a new method [3] involving the ion sputtering technique used previously in PIG ion sources [4]. Plasma ions, accelerated toward the negatively polarised sample, sputter solid material into the plasma. This promising method will be tested soon at GANIL.

The interaction between excimer laser irradiation and metallic materials has been studied [5]. The process of material ablation starts when the laser pulse energy per area (fluence) reaches a threshold measured at  $\approx 0.5$  J/cm<sup>2</sup> for uranium. The ablation is a rapid removal of material resembling an explosive evaporation.

The laser ablation method seems to be attractive as it may be applied to conductive and to non-conductive materials. The excimer laser offers significant advantages over Nd:YAG laser (IR radiation) as it is less dependent on the properties of the metals. Due to the high absorption in the UV, radiation energy is deposited in an extremely thin layer and the absorbed energy is carried off with the

ejected material so there is little or no thermal effect on the target.

The set-up used for the laser experiment is shown in figure 1. A KrF excimer laser from Lambda Physik (EMG 103 MSC) with the following characteristics has been used to induce ablation:

-emission wavelength:	248 nm
-pulse width:	30 ns (FWHM)
-maximum pulse energy:	250 mJ
-maximum repetition rate:	200 Hz
-maximum beam power:	30 W
-focal length of the lens:	2 m

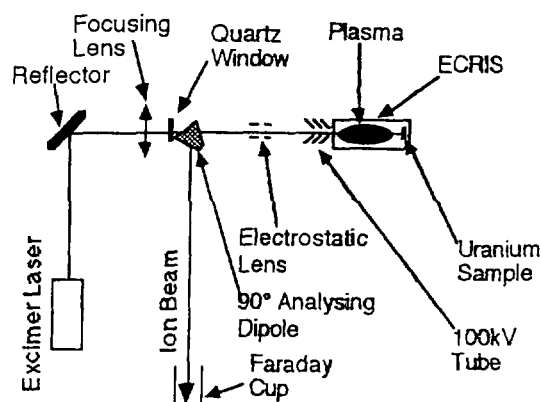


Fig. 1. Experimental set-up used in the laser ablation tests.

The uranium sample was approximately 30 mm outside of the ECR plasma and placed on the axis of the source. The ablation was performed with a fluence of 0.6 to 0.8 J/cm<sup>2</sup> on the target. To avoid craters formation, the sample was rotated at 2 Hz. The sample consisted of a cylinder (diameter: 8 mm; weight: 6 g) inserted in a stainless steel holder. The focusing lens produced a measured laser spot of 1 by 4 mm on the sample.

Figure 2 shows the average extracted beam current as a function of the analysing dipole current using uranium ablation and oxygen support gas in the ion source. This measurement was realised at 65 kV extraction voltage and 30 Hz laser frequency. An average beam current of 3 eμA of  $^{238}\text{U}^{25+}$  has been measured. The solid material consumption was approximately 1 mg/h.

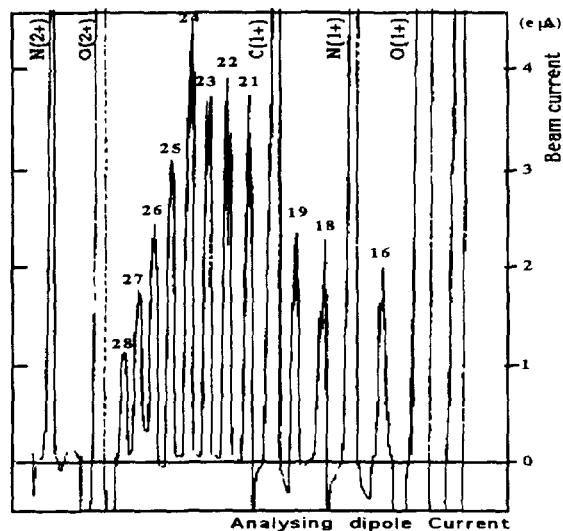


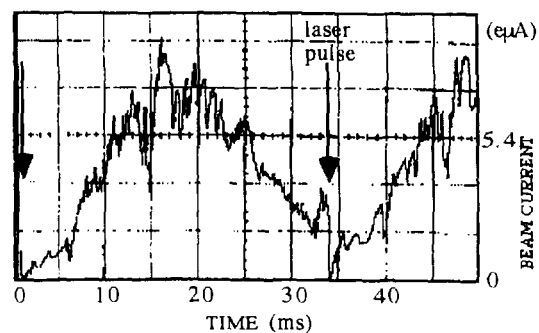
Fig. 2. Charge state distribution of  $^{238}\text{U}^{25+}$  using  $^{16}\text{O}$  as support gas and excimer laser ablation.

The Faraday cup was connected to an oscilloscope triggered by the laser pulse to monitor the charge analysed  $^{238}\text{U}^{25+}$  beam current after each laser pulse. Figure 3 shows the measurements realised at a 30 Hz laser repetition rate with three different time scales.

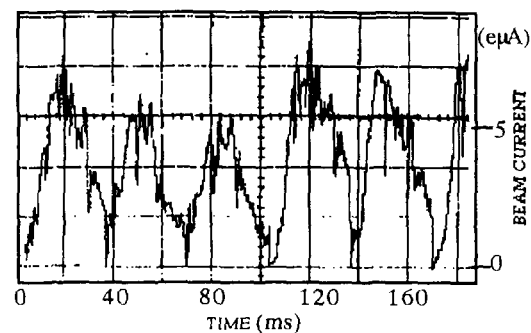
The  $^{238}\text{U}^{25+}$  beam pulse characteristics are:

- rise time: 17 ms
- decay time: 25 ms
- pulse duration (FWHM): 20 ms
- beam peak current: 9 eμA

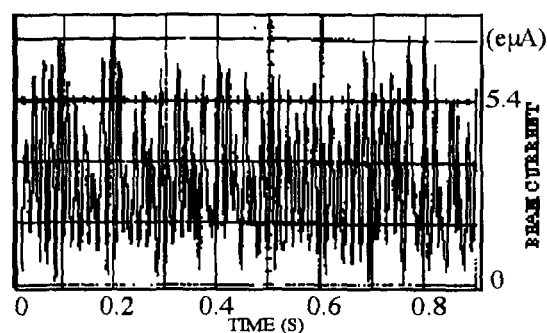
The instability from pulse to pulse is probably due to the laser which is an old generation one. We noticed that the beam is cut to zero by the laser pulse of 30 ns duration. An interpretation of this laser effect is that the prompt introduction of dense neutral material into the plasma eliminates hot electrons and consequently high charge state ions are transformed to lower charge state ions.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Beam pulses intensity of  $^{238}\text{U}^{25+}$  versus time measured in the Faraday cup. Note the different time scales for the three pictures (a), (b) and (c). The vertical arrow indicates the time at which the laser was pulsed (laser pulse width  $\approx 30$  ns).

While keeping the ECR plasma off, the laser was tune at 2 Hz repetition rate for ablation on the uranium target in the source. The same measurements as previously with an oscilloscope connected to the Faraday cup show charge analysed ion beam current produced by the laser pulse (fig. 4, 5 and 6). Very low charge states were observed ( $\text{U}^{1+}, \dots, \text{U}^{5+}, \text{O}^{1+}$  and  $\text{H}^{+}$ ).

The  $^{238}\text{U}^{1+}$  beam pulse characteristics (fig. 4) are:

- time delay: 90 μs
- pulse duration (FWHM): 170 μs
- beam peak current: 2.5 eμA

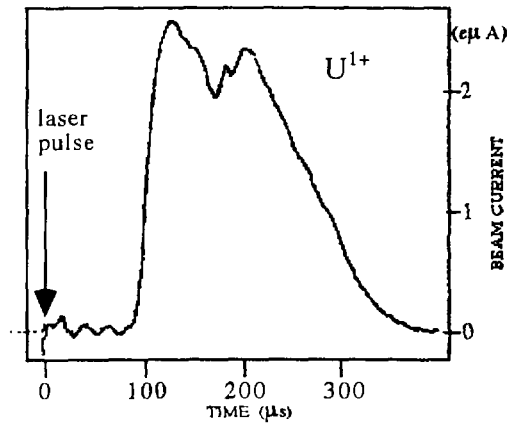


Fig. 4. Beam pulse intensity of  $^{238}\text{U}^{1+}$  versus time measured in the Faraday cup while keeping the ECR plasma off and the laser pulsed at 2 Hz. The vertical arrow indicates the time at which the laser was pulsed (laser pulse width  $\approx 30$  ns).

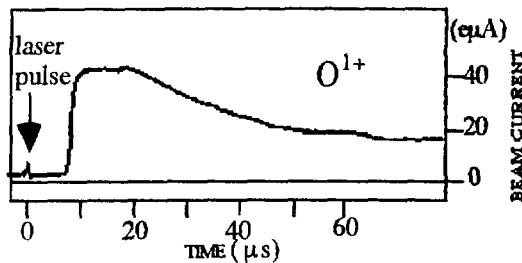


Fig. 5. Beam pulse intensity of  $\text{O}^{1+}$  versus time measured in the same conditions as in figure 4.

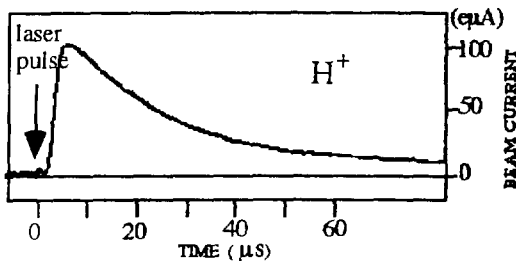


Fig. 6. Beam pulse intensity of  $\text{H}^+$  versus time measured in the same conditions as in figure 4.

The flight time of  $^{238}\text{U}^{1+}$  ions leaving the target and travelling to the extractor of the source

(distance: 18 cm) corresponds to the measured 90  $\mu\text{s}$  time delay between the start of the laser pulse and the beam pulse produced by laser ablation assuming that the flight time of ions travelling from the extractor to the Faraday cup is negligible. Table 1 gives time delays measured for some ions obtained by laser ablation.

Ions	Time delays ( $\mu\text{s}$ )
$^{238}\text{U}^{1+}$	90
$^{238}\text{U}^{2+}$	60
$^{16}\text{O}^{1+}$	7
$\text{H}^{1+}$	3

Table 1

Comparison of time delays between the start of the laser pulse and the beam pulse produced by laser ablation while the ECR plasma is off.

These preliminary results show that the laser ablation technique can be used in an ECRIS to produce beams from conductive and non conductive solid materials in run time operation. This technique should be compared with the sputtering technique for conductive material. An other application could be the production of radioactive beams by laser ablation on a radioactive target. For on-line production of radioactive beams the laser beam could be replaced by a high energy ion beam travelling on the axis of the source and entering through the extraction hole allowing a very short transit time for radioactive particles produced in the target to be ionised in the ECR plasma.

## References

- [1] M. Bajard et al., Proc. 4th EPAC94, London, UK, (June 27-July 1 1994) 533
- [2] R. Harkewicz et al., to be published in Proc. of the 12th Int. Workshop on ECR Ion Sources, Riken, Japan, April 25-27 1995
- [3] R. Harkewicz et al., Rev. Sci. Instr. 66, (1995) 2883
- [4] H. Schulte et al., Proc. Int. Conf. on Heavy Ion Sources, Gatlinberg TN, USA, (Oct. 1975) 1042
- [5] C. Papaphilippou et al., Journal de Physique IV, C7, Vol. 1, (Dec. 1991) 33



## 4.2 - Production of multicharged metallic ions with an ECR source by the sputtering method

*L. Bex, J. Bony, M. Dupuis, P. Leherissier, J. P. Rataud*

### Abstract:

We present the first results of a new method tested at GANIL, which uses ion plasma sputtering for the production of multicharged metallic ions with an ECR (Electron Cyclotron Resonance) ion source. The ion sputtering technique used is described and compared with the laser ablation method and the direct plasma evaporation method. Results with niobium and uranium beams are presented.

### 1. Introduction

Heavy ion beams produced from solid materials are needed for many nuclear physics experiments. To satisfy this increasing demand for heavy ion beams a development is under way. Until now, the different techniques currently used for the introduction of solid materials into our ECR<sup>1</sup> ion source working at 14 GHz were:

- externally heated oven ( $T_{\max} = 1550^{\circ}\text{C}$ ) for evaporation of solid materials,
- direct plasma evaporation of pure metal or oxide rods (Nb, Sm, Gd, Ta and U),
- and introduction in the source of gaseous compounds of solid elements ( $^{36}\text{SF}_6$ ,  $\text{SiH}_4$ ).

Recently, a new method using ion plasma sputtering has been tested at GANIL and at Argonne National Laboratory<sup>2</sup>. It consists of placing a negatively biased metallic sample close to the ECR plasma (see Fig. 1). Positive ions from the plasma are being accelerated toward the sample and after striking it, atoms are evaporated into the plasma and ionised. Previously we have obtained

similar results<sup>3</sup> with a pulsed excimer laser (EMG 103 MSC, from Lambda Physik, rented by GANIL for one month) injecting a beam axially through the extraction hole of our ECR ion source for ablation on a rotating uranium target placed close to the ECR plasma (see Fig. 2).

### 2. Ion sputtering mechanism

When a beam of energetic ions is projected at a target, atoms are ejected from the surface over a wide range of angles and this process is called "Sputtering". The number of atoms liberated per incident particle is dependent on ion energy, target material and ion species<sup>4</sup>. Sputtering for a given ion-target combination occurs when ion energy reaches a threshold value of 30 to 50 eV, then the sputtering yield increases to a maximum as ion energy approach 1 to 5 keV. The sputtering yield is dependent on the number of electrons in the outermost *d*-shell electronic sublevel and on the heat of sublimation of the target material. It increases with the number of electron in the *d*-shell and for target material having a low heat of sublimation. Sputtering yields increase with the ion atomic number within each group of elements reaching a maximum for the inert gas species of the group. These general trends in sputtering are illustrated by examples given in table 1. Studies<sup>4</sup> of ejection velocities of sputtered atoms show that the velocity distribution has a Maxwell-Boltzmann form having a maximum at 4 eV for 1 keV Kr bombardment on Cu.

Target material	Nb of outermost <i>d</i> -shell electrons	Target voltage (-V)	Ion beam species	Sputtering yields (Ref. 4)
Cu	10	1000	Ar	3,2
Cu	10	400	Ar	1,4
Cu	10	400	He	0,2
Nb	4	400	Ar	0,5
U	1	400	Ar	0,5

Table 1- Sputtering yields for some ion-target combinations measured in number of atoms liberated per incident ion

### 3. Experimental set up and data selection

#### 3.1 Experiments performed with the 100 kV platform of the injector C01

Here we compare two methods, the evaporation by ion plasma sputtering and the evaporation by laser ablation.

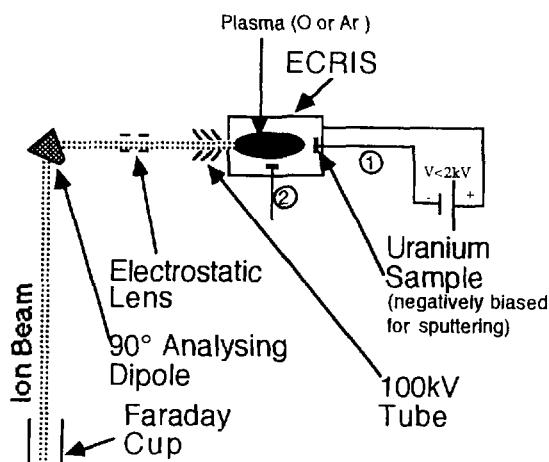
The set-up used for the sputtering experiment is shown in Fig. 1. The metallic sample is placed on the axis of the ECR source close to the plasma and negatively biased. At

Argonne National Laboratory the metallic sample is introduced close to the plasma through a radial port. This configuration is not possible in our compact ECR ion source.

A similar set-up, shown in Fig. 2, has been used for the laser experiment. The laser beam was injected axially through the extraction hole of the ECR source. The target, placed at the same position used for the sputtering experiment, was rotated to avoid formation of crater.

Both experiments have been performed with the following characteristics:

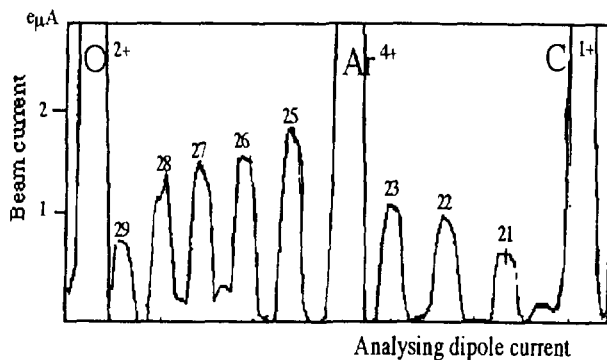
Extraction voltage: 70 kV  
Extraction hole diameter: 7 mm



**Fig. 1** Experimental set-up used for the evaporation test by sputtering

1- GANIL method (axial introduction of the sample )  
2- ANL method (radial introduction of the sample)

The sputtering method is very easy to install and is yet in operation. The decision to install permanently a laser has been delayed, it depends on the results we will obtain with the sputtering method.



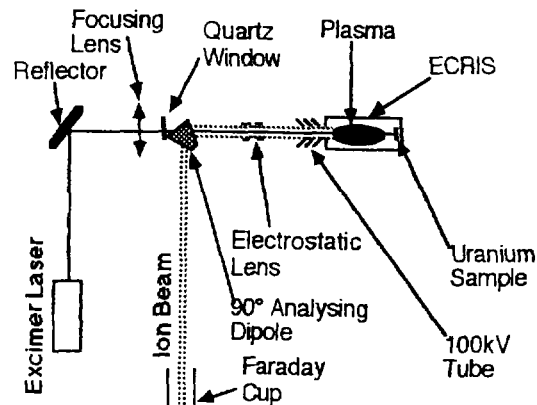
**Fig. 3** Charge state distribution of uranium beam using oxygen and argon as support gas (uranium evaporated by ion plasma sputtering)

For the sputtering experiment the target was negatively biased with a power supply limited at 2 kV and 3 mA to prevent the melting of the sample. The power involved being very low, sputtering can be considered as a cold process with a short response time.

For the laser ablation experiment the laser beam was pulsed at 30 Hz repetition rate. The instability from pulse to pulse, which can be seen on Fig. 4, is probably due to the laser which is an old generation one.

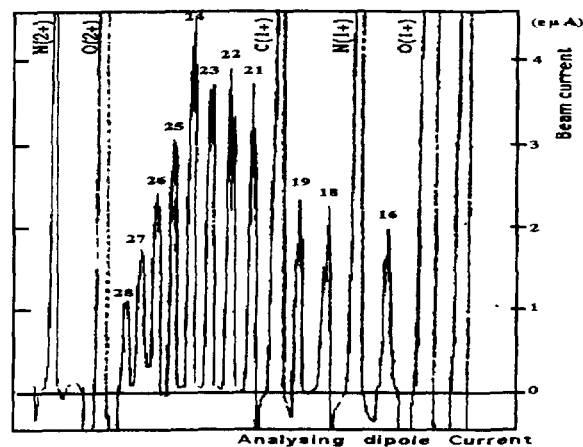
Target material:  
Material consumption

Uranium  
1 mg/h



**Fig. 2** Experimental set-up used in the laser ablation test

Fig. 3 and 4 show the extracted beam current as a function of the analysing dipole current for both experiments, using an uranium target.



**Fig. 4** Charge state distribution of uranium beam using oxygen as support gas (uranium evaporated by laser ablation)

### 3.2 Experiments performed with the 25 kV platform of the injector C02

Both methods, ion plasma sputtering and direct evaporation of a wire in the plasma, have been compared on the 25 kV platform of the injector C02 by the production of an ion beam of niobium. The ions are extracted from the plasma through a hole of 12 mm diameter and some results are given on table2.

Method	Support gas	Extraction voltage (kV)	Charge state	Beam current (emA)
Sputtering	O <sub>2</sub>	11,5	13+	0,3
	O <sub>2</sub>	11,5	16+	0,6
	Ar	11,5	13+	1,0
	Ar	20,0	13+	2,0
	Ar	20,0	15+	0,8
Direct plasma evaporation	O <sub>2</sub>	11,5	13+	2 to 4
	O <sub>2</sub>	11,5	16+	4 to 8
	Ar	11,5	13+	6
	Ar	11,5	16+	2

Table 2- Comparison of yields of niobium ion beams using two methods: metal evaporation by ion plasma sputtering and by direct plasma heating

Charge state distributions of niobium beam obtained with both methods is shown on Fig. 5 and 6. The maximum beam current is obtained on Nb<sup>13+</sup> with argon as support gas and on Nb<sup>16+</sup> with oxygen as support gas

whatever methods we use. The stability of the niobium beam is better with argon support gas compared with oxygen due probably to the getter effect of niobium on oxygen.

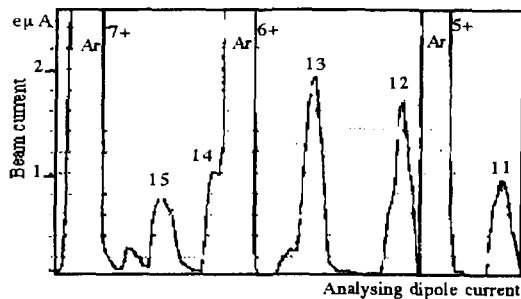


Fig. 5 Charge state distribution of niobium beam using argon as support gas  
Extraction voltage: 20 kV  
(niobium evaporated by ion plasma sputtering)

These preliminary experiments with the sputtering method give very stable ion beams but lower yields. A tentative explanation of these poor yields (see table 2) is that ion bombardment of a target induces a collisional sputtering and atoms are emitted with a kinetic energy of a few eV. Atoms evaporated by laser ablation or by direct heating of a wire in the plasma are emitted with a kinetic energy lower than 1eV. The emittance of the extracted ion beam generated by sputtered particles should increase with the kinetic energy of these particles giving consequently lower beam intensities.

#### 4. Conclusion

The preliminary experiments with the ion plasma sputtering method give lower beam intensities compare to the other methods but more results are needed to qualify this new method. Nevertheless this method presents some significant advantages:

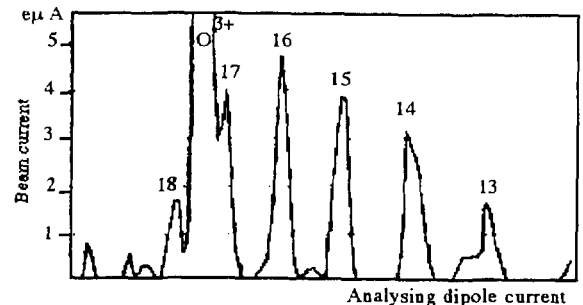


Fig. 6 Charge state distribution of niobium beam using oxygen as support gas  
Extraction voltage: 11,5 kV  
(niobium evaporated by direct plasma heating )

-short response time of the extracted beam when the voltage of the negatively biased sample is turned up and down,

-long term stable source operation,

-simplicity and low cost of the set-up

-optimising the source is easy since the position of the sample near the plasma is not critical.

-availability of new metallic beams which production is not possible with the oven and the direct plasma evaporation technique.

#### References :

- [1] P. Sortais et al., Proc. 3rd Int. Conf. on Ion Sources, Berkeley, USA, Rev. Sci. Instr. 61 (1), (1990) 288
- [2] R. Harkewicz et al., Rev. Sci. Instr. 66, (1995) 2883
- [3] L. Bex et al., to be published in NIM A (GANIL A 95 02)
- [4] G. Carter and J. S. Colligon, Ion Bombardment of Solid (Elsevier, New York, 1968), p. 310.



## 4.3 - La détection des pertes faisceau et le système de protection contre ces pertes faisceau

E. Petit et le groupe Electronique Machine

### Abstract

*As part of beam intensity increase project, a beam loss detection system has been developed in order to protect equipments with fast response time (less than 1 ms). This system is based on detection electrodes installed at injection and ejection of cyclotron and all along beam lines. A threshold is then fixed per electrode for the generation of the protection signal (reducing beam intensity).*

### 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet THI (Transport des Hautes Intensités), un système de protection contre les pertes faisceau a été développé de façon à éviter tout incident thermique (chambre à vide percée par exemple). Des électrodes de mesure des pertes faisceau sont disposées à l'injection et à l'éjection des 2 cyclotrons CSS1 et CSS2, ainsi que le long des lignes de transfert L2 et L3.

Si la mesure des pertes, pour une électrode donnée, dépasse le seuil associé à cette électrode, un signal est généré vers le dispositif réduisant la puissance du faisceau. L'ensemble doit réagir en des temps de l'ordre de la milliseconde.

### 2. LA DETECTION DES PERTES FAISCEAU

Dans les cyclotrons, nous utilisons les électrodes existant déjà sur les éléments d'injection et d'éjection. Ces électrodes se présentent sous la forme de trèfles, de diaphragmes. Nous disposons ainsi de 11 mesures de pertes faisceau dans CSS1 et de 26 dans CSS2.

Dans les lignes, aucune électrode n'avait été implantée jusqu'alors. Une première idée avait été d'utiliser des chambres d'ionisation (à air) disposées à l'extérieur de la chambre à vide. Nous avons abandonné cette voie par manque de sensibilité de ces chambres d'ionisation aux pertes faisceau (production de  $\gamma$  non suffisante) et également à cause de leur sensibilité à la décroissance radioactive des pièces activées environnantes (SISSI par exemple), créant un bruit de fond important.

Pour les lignes, la solution retenue est l'utilisation de diaphragmes en carbone. Le faisceau se perdant vient directement interagir avec le diaphragme. Une mesure d'intensité, par conversion courant/tension logarithmique, est associée à chacun de ces diaphragmes. Cette méthode permet de mesurer des courants sur une grande plage sans avoir de commutations de gain à effectuer.

Ces cartes de conversion sont implantées sur des cartes d'acquisition VME développées par le Groupe Electronique Machine. Une carte VME gère 4 mesures de pertes. Pour une voie de mesure nous disposons d'une détection de dépassement de seuil (seuil de pertes tolérables) de type analogique et d'une seconde de type numérique (conversion analogique/numérique puis

traitement par microcontrôleur). Cela nous assure une redondance sur le traitement des pertes.

### 3. LE SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LES PERTES FAISCEAU

Chaque carte VME, gérant 4 détections de pertes faisceau, envoie un unique signal de détection de pertes (donc de demande de protection) vers le système de protection contre les pertes faisceau. Au PCP une alarme, avec un texte en clair sur une console, est générée pour chaque détection de dépassement de seuil de pertes.

Le système de protection est constitué d'une partie électronique et d'une partie automate.

La partie électronique est un OU logique, de toutes les demandes de protection contre les pertes faisceau, qui assure la coupure rapide du faisceau à la sortie de la source de production en commandant une électrode de déviation (hacheur). Le temps de réaction est de l'ordre de 1 ms.

La partie automate, qui est avertie par l'électronique de cette coupure du faisceau, insère un réducteur d'intensité faisceau ("poivrière") dans la ligne basse énergie L1. Une fois le réducteur inséré, l'automate en informe l'électronique qui relâche alors la coupure faisceau. L'analyse de la ou des pertes faisceau peut être effectuée pour ensuite réaugmenter progressivement la puissance du faisceau.

### 4. CONCLUSIONS

Une étude machine THI de 3 jours en novembre 96 a permis de tester ce système de détection des pertes et de protection contre ces pertes faisceau.

Celui-ci a bien fonctionné et a permis d'accélérer 2 kW d'un faisceau d'argon à 95 MeV/u.

Cependant l'expérience de cette étude machine nous amène à 2 conclusions majeures :

- tout d'abord le temps de réponse du système (1 ms) est trop rapide. Nous pouvons probablement le ralentir d'un facteur 5 à 10,

- ensuite, à cause de détections de pertes liées à des claquages de tensions HF et électrostatiques, un système de réenclenchement automatique doit être absolument envisagé.

#### Références

"Détection des pertes faisceau et système de protection"

R. Baumgarten, C. Jamet, E. Petit, GANIL602.94/EP

"Détection des pertes faisceau"

Groupe Electronique Machine, rapport technique des accélérateurs 1994

"Carte d'acquisition VME pour les pertes faisceau et le fil hélicoïdal"

Groupe Electronique Machine, rapport technique des accélérateurs 1994.



## 4.4 - Fil spiralé tournant

E. Petit et le groupe Electronique Machine



FR9903115

### Abstract

*As part of beam intensity increase project, a new beam profile monitors called spiral scanner, have been developped. Two of them have been installed on low energy beam line and visualized on a workstation in the control room. So this paper gives first result.*

### 1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet THI (Transport des Hautes Intensités), un nouveau détecteur de profils a été développé pour être utilisé dans la ligne basse énergie L1 à pleine puissance ( $\approx 100$  W).

Deux de ces nouveaux détecteurs, appelés fils spirales tournants ont été montés, sur la ligne basse énergie L1 près de deux détecteurs de profils à émission secondaire pour comparaison. Les résultats obtenus sont intéressants et présentés dans ce papier.

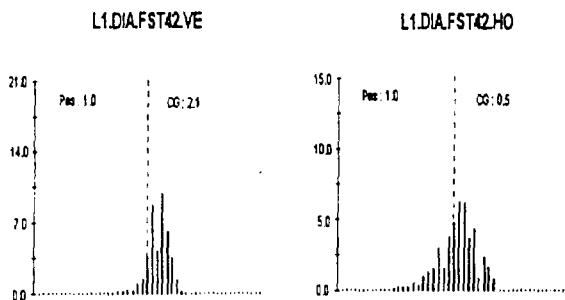
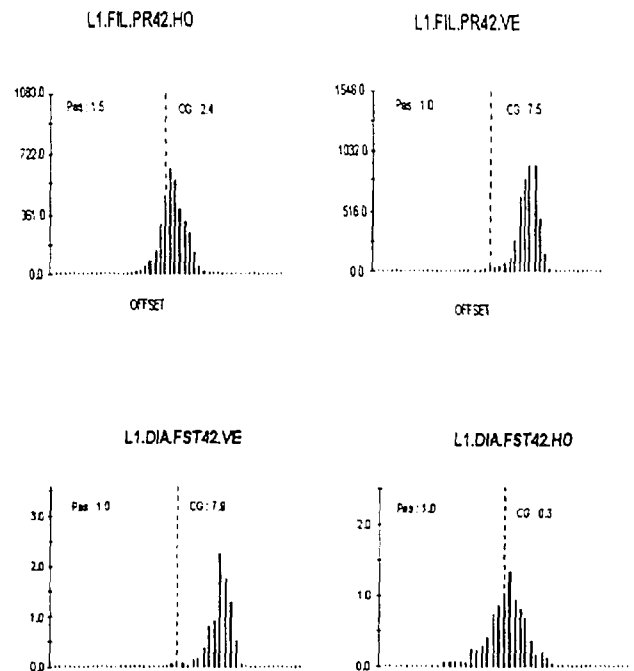
### 2. ACQUISITION DES FILS SPIRALES TOURNANTS

L'acquisition des profileurs à fil spiralé tournant est assurée par une carte VME développée à GANIL par le Groupe Electronique Machine. Les données, par profileur, sont présentées sous forme de deux tableaux de 47 valeurs (un tableau par plans horizontal et vertical), cela dans le but de rester compatible avec l'acquisition des profileurs à émission secondaire constitués de deux plans de 47 fils.

La visualisation est réalisée sur station de travail et se présente de façon suivante :

Des variations en position et en focalisation ont été appliquées sur le faisceau pour comparer ensuite les profils obtenus.

Les résultats sont très proches et nous pouvons donc considérer le profileur à fil spiralé comme comparable aux profileurs à émission secondaire utilisés depuis le début du GANIL (voir exemple de profil comparatif ci-dessous).



### 3. RESULTATS OBTENUS

Des relevés comparatifs ont été effectués entre un profileur à fil spiralé, monté juste en amont ( $\approx 15$  cm) d'un profileur à émission secondaire. Il s'agit de L1.DIA.FST42 et L1.DIA.FIL.PR42.

Le seul point délicat est la sensibilité du profileur aux instabilités basse fréquence du faisceau que l'on observe particulièrement sur le profil horizontal du profileur à fil spiralé. Il faut que nous trouvions l'origine de ces instabilités avant d'équiper toute la ligne basse énergie L1 avec ces profileurs.

Un autre résultat intéressant est la tenue de ce profileur à la puissance du faisceau. Une intensité de  $25 \mu\text{Ae}$  d'Ar+ a été envoyée pendant 30 mn sur le profil à fil spiralé ce qui correspond à 88 W. Le profileur a tenu et la forme du profil n'a pas évolué durant cette période.



## 4.5 - Rénovations des systèmes HF

JL. Baelde et le groupe HF

### Abstract

*This document describes the activities of the R.F. System group during the years 1995 and 1996.*

### 1. HIVER 1994 ET PRINTEMPS 1995.

#### 1.1. La rénovation du commande contrôle .

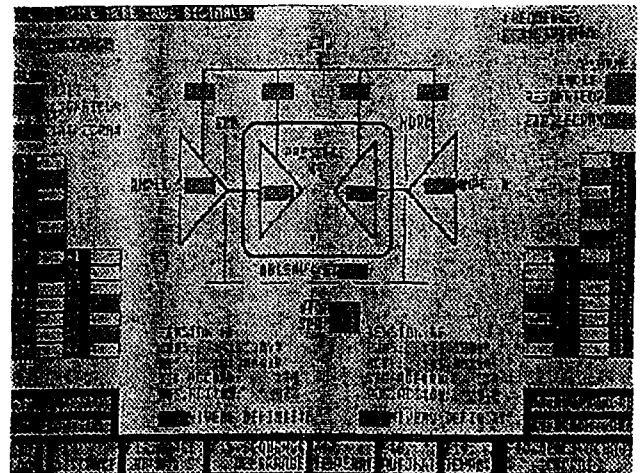
Après un fonctionnement de plus de dix ans de l'accélérateur GANIL, il a été décidé, au vu de l'expérience acquise, de mieux fiabiliser l'ensemble de la chaîne de gestion et de production de la R.F. de GANIL. Cette période, avec un arrêt de 5 mois de la machine, a permis d'effectuer cette première rénovation sur la H.F. du cyclotron CSS2.

Les modifications ont concerné les ensembles suivants : les électroniques de commande des motorisations des trimmers.

- les étalons de tension de référence par un modèle développé par le groupe « Alimentations et charges ».
- la carte de liaison entre le châssis de commande des moteurs pas à pas et le commande contrôle local. (passage en liaison série JBUS).
- la baie de polarisation . Cette baie permet de générer les tensions de polarisation des deux tubes, préamplificateur et étage final, de chaque amplificateur de R.F. pour une cavité de GANIL. Elle gère aussi toute la partie des sécurités directes et immédiates des amplificateurs.
- l'ensemble d'intelligence locale constitué de deux entités différentes : un automate programmable simple et un système à microprocesseur , par un A.P.I. SIEMENS 135U. Cet A.P.I assure :
  - \* les sécurités directes reprises de l'ancien automate.
  - \* les différents calculs et le pilotage du nouvel étalon de tension de référence.
  - \* les positionnements des moteurs avec notamment la partie mouvement des panneaux capacitifs pour la recherche d'accord H.F. des cavités. Le dialogue A.P.I / drivers moteurs pas à pas et étalons de tension se fait par une liaison série maître/esclave au standard JBUS.
  - \* l'interface avec l'informatique machine via une liaison série au standard PROFIBUS.

De nouvelles fonctionnalités ont été également apportées :

- les sécurités primaires des amplificateurs sont acquises séparément et non plus sommées pour un meilleur diagnostic de panne.
- la baie de polarisation effectue la mesure des courants et des différentes tensions de polarisation des tubes amplificateurs. Ces mesures sont envoyées à l'A.P.I. sous forme de signal analogique 4-20 mA.
- l'automate programmable supporte un terminal de dialogue avec l'opérateur. Ce terminal permet d'effectuer des commandes directes et des visualisations d'états et de valeurs telles que les mesures analogiques décrites précédemment. Il constitue une aide précieuse pour le dépannage. La vue principale de ce pupitre opérateur est présentée ci-après :



#### 1.2. Installation d'une source ECR4 pour l'injecteur C02.

Lors de cet arrêt prolongé, un émetteur hyperfréquence de 2kW à 14,5Ghz a été installé et mis en service. Ce générateur a été construit en collaboration avec la société THOMSON TUBES ELECTRONIQUES. Il permet d'envoyer une puissance S.H.F. réglable de 0 à 2000W dans la source ECR4 pour exciter le plasma générateur d'ions lourds.

## 2. ETE ET AUTOMNE 1995.

Cette période a permis de terminer la finition de la rénovation H.F. et de préparer l'arrivée de l'amplificateur et du résonateur du regroupeur moyenne énergie R2 (cf. le projet T.H.I.).

## 3 HIVER 1995 ET PRINTEMPS 1996.

### 1. Installation du Regroupeur R2.

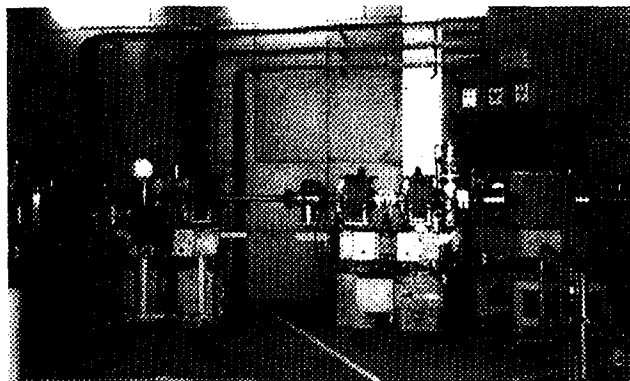
Lors de l'arrêt de la machine pour cette période, l'objectif a été d'installer les différents constituants du regroupeur R2.

Ces éléments sont :

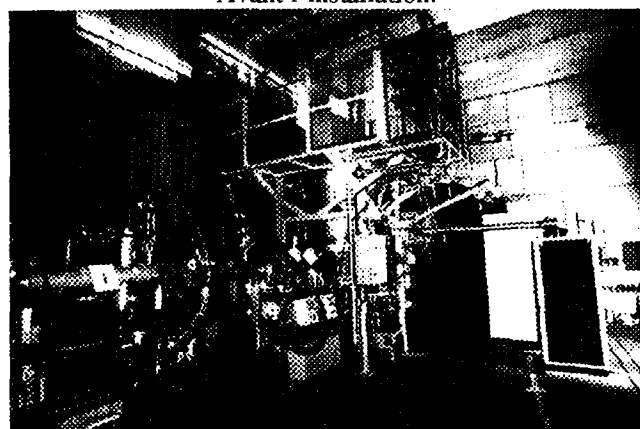
- la cavité construite par la société SDMS.
- l'amplificateur 45 kW construit par la société THOMCAST.
- le panneau hydraulique du refroidissement de la cavité et les électroniques d'asservissement réalisés en collaboration avec l'IPN d'Orsay.

Cette installation s'est passée correctement malgré le peu de temps disponible.

Ci-contre les vues de l'installation :



Avant l'installation.



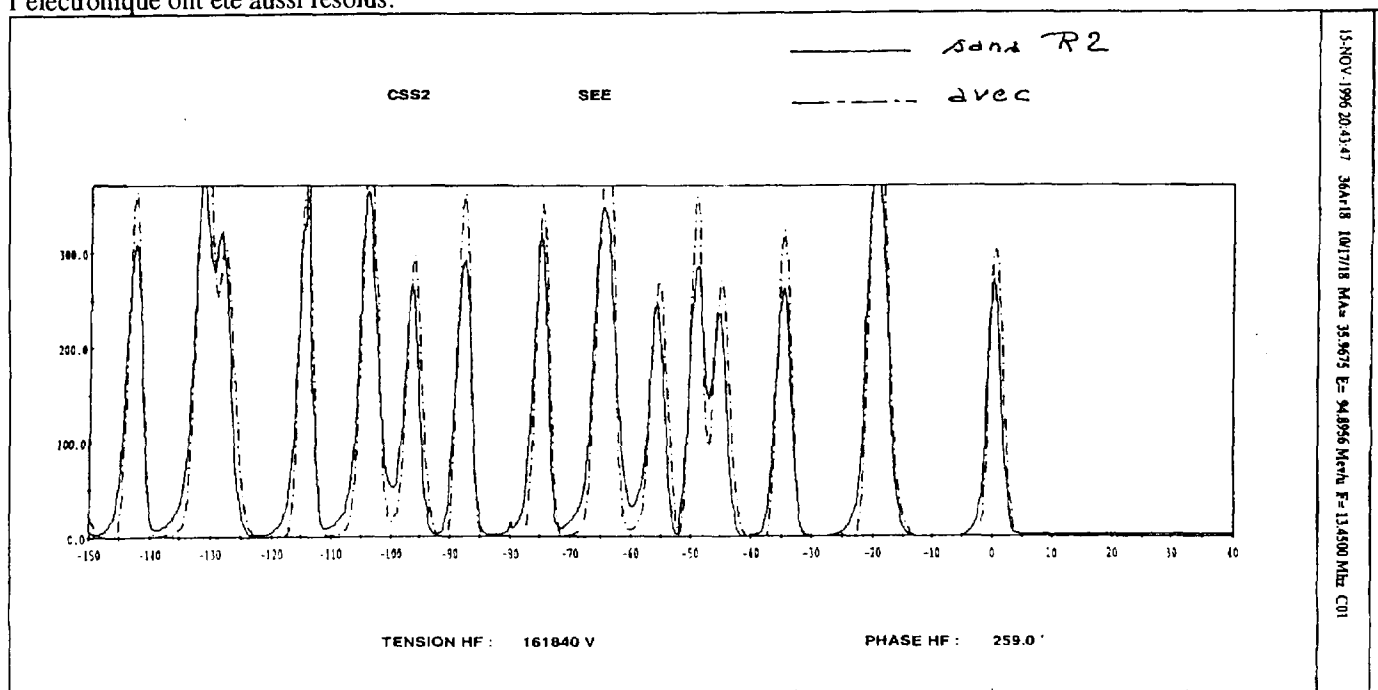
Après l'installation.

Lors de l'étude machine T.H.I. de Novembre 1996, une tension de  $\sim 180$  kV à 53,8 MHz a pu être fournie. Cela a permis d'obtenir les résultats visualisés ci-dessous. L'effet du regroupeur R2 permet de réduire la largeur au pied des deux derniers tours du faisceau dans CSS2 d'un facteur 1,7.

D'autres périodes d'étude seront nécessaires pour fiabiliser le fonctionnement de l'ensemble de l'électronique et pour former le résonateur afin d'atteindre la tension maximale de 240 kV.

## 4 ETE ET AUTOMNE 1996.

Pendant cette période, le regroupeur R2 a été mis en service. Plusieurs pannes sont survenues sur l'amplificateur, compliquées par la difficulté d'intervention à l'intérieur de la casemate CSS2 où il est installé. Quelques problèmes de montage mécanique de la boucle de couplage et d'autres liés au fonctionnement de l'électronique ont été aussi résolus.





## 4.6 - Rénovation des alimentations et du système RMN

G. Dugay et le groupe Alimentation et Charges

### Abstract

*This paper will summarise some of the first renovations performed on GANIL power converters, their control system and on magnetic field measurement.*

### 1. INTRODUCTION

A coté du travail de maintenance de plus de 500 alimentations, le groupe Alimentations et Charges a été impliqué dans la rénovation d'équipements rendue nécessaire par l'âge (15 ans), les conditions de travail ou par l'amélioration des caractéristiques demandée.

Parmi les nombreuses actions entreprises, les quatre plus importantes sont évoquées ci-dessous.

### 2. INTERFACES DE TELECOMMANDE

Trois raisons essentielles ont motivé leur rénovation:

- l'obsolescence de certains composants (DAC et ADC surtout) rendait la maintenance des châssis existants difficile et coûteuse.
- les anciennes interfaces étaient trop sensibles aux perturbations générées par les claquages de la source
- le projet THI nécessitait une surveillance à la fois plus fiable, plus précise et plus complète des alimentations.

Le travail effectué a consisté, d'une part, en l'élaboration d'un protocole unique de télécommande (indépendant des différentes architectures matérielles des alimentations) et en l'étude et la réalisation, d'autre part, d'interfaces permettant le contrôle et commande de tous les types d'alimentations par ce protocole unique.

Le choix s'est porté sur le protocole JBUS pour diverses raisons parmi lesquelles sa simplicité de mise en oeuvre, son utilisation à GANIL pour d'autres équipements (diagnostics de faisceau notamment) et son ouverture au monde PC, automate, VME, etc.... Il s'agit d'un protocole série maître esclave qui consiste, entre autre, à lire ou à écrire des mots de 16 bits à des adresses données, ceci pour un esclave donné. Ce principe, qui reste bien entendu très général, est appliqué à la commande des alimentations en définissant une correspondance entre certaines adresses JBUS et les différentes fonctions à réaliser (enclenchement, coupure, écriture d'une consigne, ...). Ainsi a-t-on convenu, par exemple, qu'il faut, pour enclencher l'alimentation n°i, écrire 1 à l'adresse 0 pour l'esclave n° i.

A ce jour, six interfaces différentes ont été développées, qui ont cependant toutes en commun les fonctionnalités suivantes : envoi de deux tensions de référence, lecture du courant et de la tension, lecture de l'état de l'alimentation (défauts, ON, OFF, ...), enclenchement, coupure, gestion de rampe et d'inversion de polarité, surveillance d'équipement

et gestion du protocole de télécommande. Toutes les liaisons entre les interfaces de télécommande et leur environnement extérieur sont filtrées à l'aide de perles de ferrites ou de filtres en Pi, pour augmenter l'immunité aux parasites électromagnétiques.

Toute l'architecture matérielle des différentes interfaces de télécommande s'organise autour de microcontrôleurs (68HC11 ou 68HC16) qui permettent de déporter une partie de l'intelligence nécessaire au contrôle et commande des alimentations au coeur même de celles-ci. Ainsi une alimentation est-elle maintenant capable, lorsqu'elle reçoit un ordre d'enclenchement d'exécuter automatiquement la mise en service de ses tensions auxiliaires, l'acquiescement des éventuels défauts, l'enclenchement de la puissance et la mise à la valeur de veille (valeur minimale de bon fonctionnement) selon une rampe prédéfinie.

Une autre utilisation de l'intelligence embarquée concerne la surveillance des alimentations. Dans le cadre du projet THI, il a été demandé, en cas de perte du faisceau, de pouvoir rapidement identifier l'équipement défectueux mis en cause. En ce qui concerne les alimentations, il faut donc être capable de surveiller à l'intérieur d'une fourchette donnée, la stabilité du courant des aimants ainsi que la haute tension des charges électrostatiques.

La lecture du courant ou de la haute tension ne suffit pas pour s'assurer de la stabilité de l'équipement car le capteur utilisé pour la lecture de la grandeur de sortie est également utilisé par la boucle de régulation : il faut une deuxième information indépendante. Le courant de sortie d'une l'alimentation d'aimant est lu par un DCCT (Direct Current Current Transformer) ou un shunt de mesure. On peut envisager l'ajout d'un deuxième capteur pour obtenir deux lectures indépendantes. L'inconvénient majeur reste pour le DCCT son prix élevé et pour le shunt le problème de son insertion mécanique et sa dérive dans le temps (due à une attaque par l'eau de refroidissement). Une autre solution consiste à lire la tension de sortie qui suit la loi  $V_{\text{sortie}} = Z_{\text{charge}} \times I_{\text{sortie}}$  ( $Z_{\text{charge}}$  étant l'impédance de l'aimant et des câbles). On peut ainsi détecter non seulement les variations anormales du courant de sortie mais aussi celles de la charge. La limitation de cette méthode est sa sensibilité. En

effet, la relation  $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta Z}{Z} + \frac{\Delta I}{I}$  montre que si l'on veut

surveiller le courant de sortie dans une fourchette  $\Delta I$ , la variation de la tension de sortie est majorée par la variation d'impédance de la charge. A titre indicatif, le coefficient de température du cuivre est de 4%/°C ; ainsi pour les charges non refroidies à l'eau ou dont l'impédance est principalement constituée par les câbles, obtient-on une variation relative d'impédance de 4%, pour une variation de température de 10°C, sans que cela ne traduise pour autant un dysfonctionnement. Cette limitation est certes bien réelle mais ne correspond statistiquement qu'à une probabilité très

faible de mauvais fonctionnement d'un DCCT ou de dérive rapide d'un shunt.

Pour les charges électrostatiques, une variation de débit n'est pas synonyme d'une mauvaise stabilité de la haute tension. La méthode employée pour les alimentations de courant ne peut pas l'être dans ce cas. Pour surveiller une alimentation haute tension, il faut obligatoirement un deuxième diviseur de tension (n'intervenant pas dans la régulation). Une fois celui-ci implanté, l'interface de télécommande dispose de deux lectures indépendantes de la tension de sortie qu'elle peut comparer entre elles pour générer une alarme si l'une ou l'autre (ou les deux à la fois) sort de la fourchette de surveillance fixée.

Fin 96, 250 alimentations sont déjà équipées d'une nouvelle interface de télécommande. Environ cent supplémentaires le seront début 97. Les outils de maintenance associés au nouveau protocole de télécommande ont été également développés (simulateurs JBUS). Reste encore à terminer les développements électroniques et informatiques en cours (augmentation du débit du réseau JBUS) et à répondre à un certain nombre de questions concernant le mode opératoire de la surveillance des équipements. Les options prises au niveau des architectures matérielle et logicielle confère à la nouvelle génération d'interfaces pérennité et modularité, donc possibilité d'évolution.

### 3. CAPTEURS DE COURANT

Il s'agit de capteurs de type D.C.C.T. (voir fig.1) utilisés sur les alimentations à thyristors. Leur stabilité est de l'ordre de quelques  $10^{-6}$ . Leur rénovation a été rendue nécessaire par l'épuisement des cartes de rechange (plus fabriquées).

Pour des raisons de coût et de possibilité d'implantation mécanique, seule la partie électronique a été remplacée et complètement réétudiée. La réutilisation des anciens circuits magnétiques nous a, par contre, contraint à conserver les niveaux et la fréquence de fonctionnement initiaux des D.C.C.T.

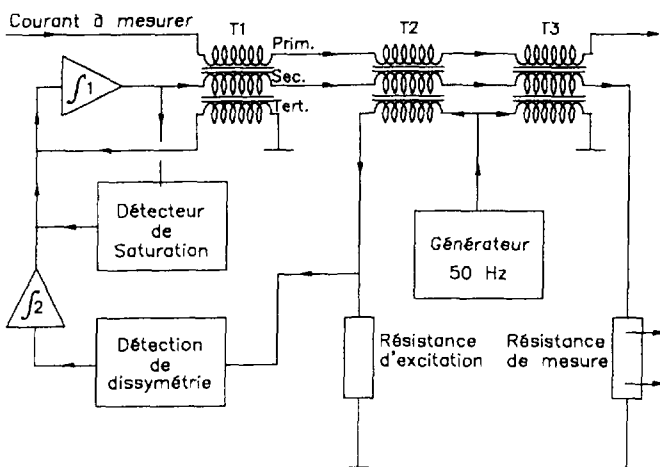


Fig. 1. Schéma bloc du DCCT rénové

Dans un tel ensemble, le courant à mesurer  $I_p$  passe une fois dans le primaire des trois sous circuits magnétiques T1 T2 T3. Le courant max.  $I_{smax}$  traversant les secondaires est fixé à 1 ou 2 A (pleine échelle) selon les modèles. Le nombre de spires des secondaires est, par construction, choisi tel que:

$$N_p \cdot I_{pmax} = N_s \cdot I_{smax}$$

Un asservissement composé du tertiaire de T1 et de l'ampli intégrateur  $\int_1$  assure dans T1 (quand  $I_p$  varie) l'égalité des flux:

$$N_p \cdot I_p = N_s \cdot I_s$$

Il ramène donc la lecture de  $I_p$  à celle de  $I_s$  ( $N_s$  fois plus faible) - effectuée sur un shunt de grande précision.

A ce dispositif, sensible aux variations, de  $I_p$  est adjoint une correction de dérives lentes. Un signal symétrique (ici à 50 Hz) est injecté au tertiaire de T2 avec un niveau suffisant pour saturer ce tore, si dans T2:  $N_p \cdot I_p = N_s \cdot I_s$ , le courant traversant la résistance d'excitation est symétrique. Dans le cas contraire, un signal proportionnel à la dissymétrie est, après détection et amplification, additionné à l'entrée de  $\int_1$  pour rétablir un flux nul dans T2 et donc également dans T1. (T3 a un rôle annexe).

Fin 1996, 25 alimentations étaient en cours de modification.

### 4. ALIMENTATIONS PULSEES

Les modifications apportées aux alimentations pulsées ont été essentiellement motivées par la nécessité d'augmenter leur fiabilité. Elles ont porté sur:

#### 4.1 Changement des transformateurs

Le changement sur l'AP1 et l'AP2 des deux transformateurs du convertisseur principal par un seul transformateur à deux secondaires a permis de limiter les bruits de commutation qui affectaient les boucles de régulation.

Par ailleurs, la réduction des tensions secondaires de 410  $V_{eff}$  à 270  $V_{eff}$  a entraîné:

- une forte diminution des contraintes sur les thyristors,
- une diminution de l'ondulation résiduelle de sortie, l'angle de retard à l'ouverture des thyristors étant plus faible,
- la réduction de la consommation des alimentations de 495 kVA à 330 kVA;

Sur le convertisseur de contre-courant (celui-ci permet un fonctionnement de l'alimentation à  $I = 0$ ) les tensions des secondaires ont également été réduites par modification du couplage du primaire de son transformateur ( $\Delta \Rightarrow Y$ ), les avantages de cette adaptation, en terme de sécurité de fonctionnement des thyristors et d'ondulation résiduelle, ont été encore plus substantiels que pour le convertisseur principal.

En contrepartie de cette modification la limitation de la tension disponible a augmenté le temps de montée du courant (en pratique de 550 à 700ms).

#### 4.2 Suppression du filtre actif

Le filtre actif, sensé atténuer l'ondulation résiduelle, est, sur les alimentations pulsées, un élément particulièrement délicat. Sur l'AP1 et l'AP2 l'abaissement de l'ondulation résiduelle comme évoquée ci-dessus a autorisé la suppression du filtre actif. Il a fallu cependant, réétudier les boucles de régulation de tension et de courant, ce qui a permis d'améliorer leur bande passante. Au total, l'ondulation résiduelle obtenue, après ces modifications, est meilleure qu'auparavant.

#### 4.3 Remplacement de l'inverseur de polarité

Confrontés à l'arrêt de leur fabrication, à leur usure ou dérèglages prématurés dus aux nombreuses manoeuvres auxquelles ils sont soumis, nous avons du trouver un remplacement à ces inverseurs rotatifs motorisés.

L'inversion de polarité est dorénavant accomplie (sur l'alimentation pulsée N°1) par deux contacteurs à accrochage magnétique montés en inverseurs et séquencés par un automate SIEMENS S5 - 90 U

L'implantation de l'automate a rendu possible la suppression de nombreux relais dans l'alimentation et donc d'intéressantes simplifications.

### 5. RENOVATION DU SYSTEME RMN

L'ancien système RMN (SCANDITRONIX 751\_27 toujours en service) présente plusieurs inconvénients:

- Vieillissant, moins fiable, l'approvisionnement des pièces de rechange devient aléatoire,
- Il est saturé (27 voies, toutes utilisées),
- Sa supervision n'est pas facile,
- Il ne permet pas de mesures inférieures à 0,2 T.

Pour équiper de nouveaux dipôles, il a été décidé d'étendre à la machine un système de marque METROLAB déjà employé en D2 et dont la capacité totale est de 64 voies (par module de 8). Il est utilisable en local (recherche manuelle ou automatique) ou commandable à distance (liaison GPIB ou RS232) (voir fig.2). A terme, ce système sera substitué à l'ancien. Son implantation a commencé en 1995 et devrait se poursuivre jusqu'en 1998.

Il existe cinq types de sondes, certains aimants en nécessitent trois:

N°1:	430	à 1300	gauss
N°2:	900	à 2600	gauss
N°3:	1700	à 5200	gauss
N°4:	3500	à 10500	gauss
N°5:	7000	à 21000	gauss

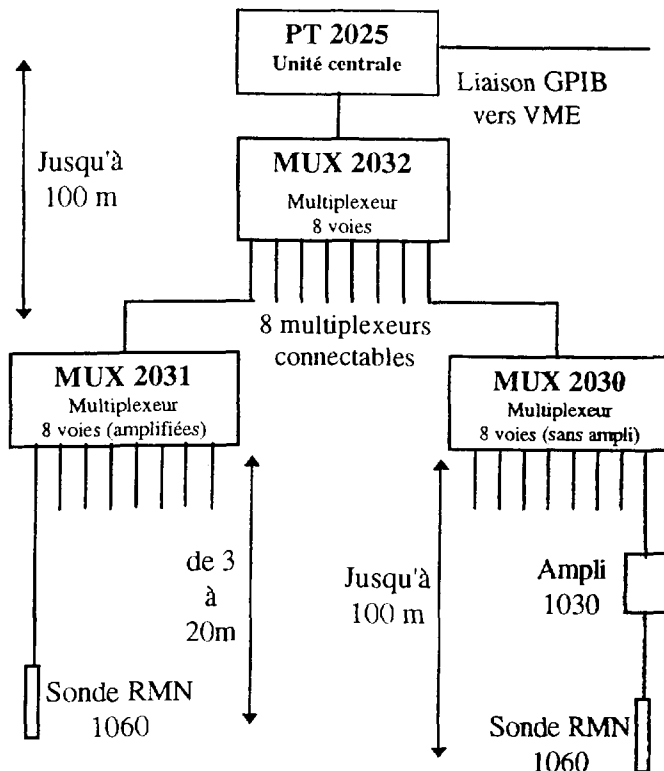


Fig. 2. Architecture du nouveau système RMN

Fin 1996, 14 sondes étaient implantées sur 6 aimants.

SPIRAL sera, par ailleurs, équipé d'un système identique.

#### Références:

- G.SENECAL "Rénovation du système de télécommande des alimentations du Ganil". GANIL 582.95/ml  
 F.CORDIER, G DUGAY "Rénovation des D.C.C.T. des alimentations Hazemeyer". GANIL 567.96  
 A.LEMARIE "Rénovation du système RMN de la Machine". Rapports internes.  
 G.DUGAY " Proposition de modification des alimentations pulsées". GANIL 547.94



## 4.7 - Evolution du cluster de contrôle

L. David et le groupe Informatique Machine

### Abstract

The Ganil control system was based on Vax 32 bits computers connected on a coaxial ethernet network. Since last year we are using an Alpha server with alpha workstations 64 bits. In the same time the network is moving to twisted pair linked to a HUB concentrator, itself connected to the main FDDI ring.

### LES BESOINS

Les ordinateurs utilisés pour le contrôle des accélérateurs, ainsi que ceux dédiés au développement des programmes, devaient évoluer pour permettre:

- la généralisation des interfaces graphiques de réglage
- l'usage extensif de la base de donnée
- la compilation d'unités plus complexes
- la programmation objet
- l'adaptation aux nouvelles technologies matérielles
- la migration vers un autre système d'exploitation

## 1. EVOLUTION MATERIELLE

### 1.1 L'existant

Le cluster de l'exploitation était composé de 2 Vax 32 bits partageant deux bus DSSI à 4 Mo/s. Un ensemble de 6 disques de 800 Mo et un lecteur de cartouches DLT étaient reliés à ces bus qui ne sont connus que du système d'exploitation VMS.

Afin d'évoluer vers des ordinateurs 64 bits et de préparer une migration vers un autre système d'exploitation, une première machine Alpha a été introduite dans le cluster.

Ces machines 64 bits à 300 MHz présentent l'avantage de pouvoir travailler avec divers systèmes d'exploitation (Vms, Unix, Wnt). Ainsi une évolution du logiciel ne nécessitera pas le remplacement du matériel.

### 1.2 Les Disques

Cette machine Alpha 2000 possède un bus interne PCI 32 bits à 132 Mo/s comme les PC Pentium, ainsi qu'un bus EISA à 33 Mo/s (bus des anciens PC)

Elle est reliée aux Vax par un adaptateur DSSI sur le bus EISA, qui donnait aussi accès à une baie de 6 disques de 2 Go au standard SCSI 8 bits à 10 Mo/s. Cette baie possédait un adaptateur DSSI pour donner l'accès aux Vax et travaillait en SCSI interne.

Le but est d'évoluer vers un ensemble disque qui soit indépendant de VMS afin d'être conservé lors d'une évolution vers un autre système d'exploitation tel que Windows NT.

Le bus cluster DSSI doit donc être abandonné au profit du bus SCSI qui est supporté par W. NT, mais pas par les Vax.

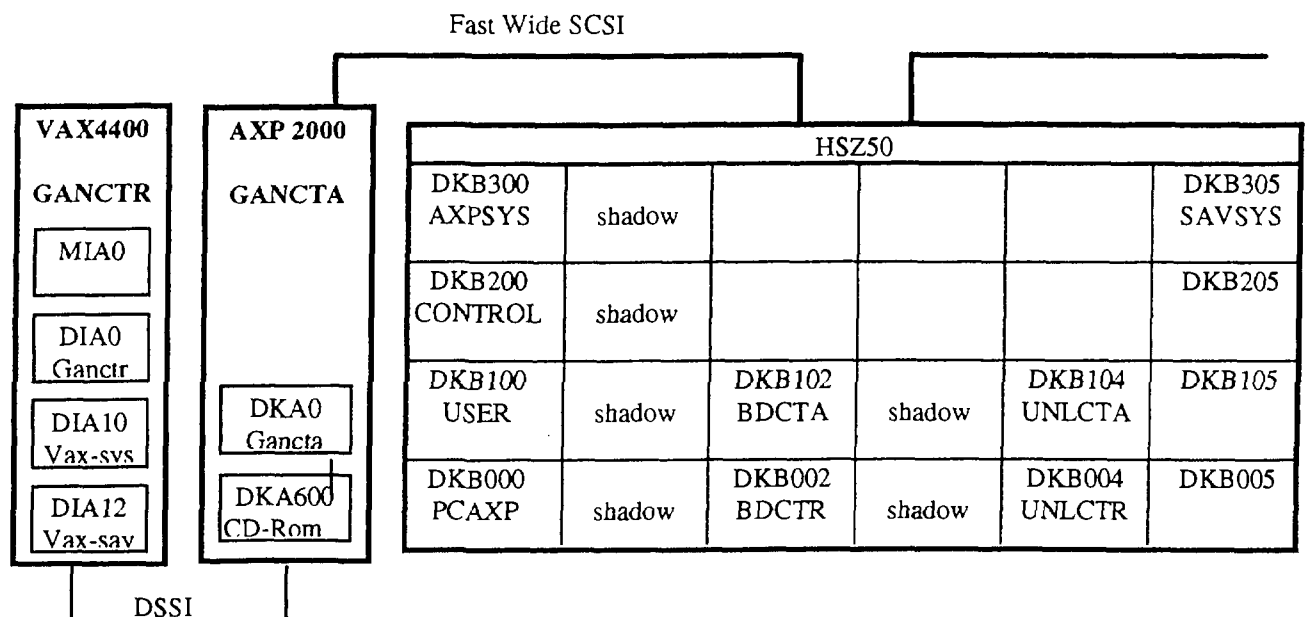
Une nouvelle baie de disques est installée en remplacement de l'ancienne et elle sera aussi connectée sur le futur serveur AXP 4000.

La connexion SCSI se fait directement sur le bus PCI à 132 Mo/s pour le serveur 2000 actuel, sans passer par un adaptateur EISA. Pour le futur serveur 4000 qui aura un bus PCI à 264 Mo/s (64 bits au lieu de 32), la connexion se fera aussi en direct.

La baie est composée de 6 bus SCSI Wide (16 bits au lieu de 8) pouvant supporter 4 disques chacun et d'un contrôleur HSZ50 qui multiplexe les bus et se connecte en liaison Wide aux ordinateurs (débit 20 Mo/s).

Le contrôleur HSZ50 offre de plus 64 Mo de mémoire cache pour anticiper les entrées-sorties et permet de réaliser la fonction de disques miroirs sans passer par les unités centrales.

Ainsi les 6 disques d'aujourd'hui sont doublés par 6 miroirs (norme RAID 1) qui seront automatiquement utilisés en cas de panne.



## 2. LE RESEAU

### 1.3 Les serveurs

Lors de cette installation, les disques DSSI ont été supprimés, ainsi que le Vax 6410.

Le Vax 4400 est conservé pour assurer le développement des programmes pour les châssis temps réel à base de RTVAX. Il est relié au serveur AXP2000 par le bus DSSI existant actuellement et reste intégré au cluster par ce biais.

La fonction de serveur de base de données des paramètres, des équipements et des alarmes est assurée par le serveur Alpha 2000, alors que le développement (calcul, base de données, graphique, compilations) sera assuré par le serveur Alpha 4000.

Dans une configuration à 2 serveurs, en cas de panne de l'un d'eux, l'ensemble du cluster continue à fonctionner car les disques étant dans une baie séparée, ils ne sont pas touchés par l'arrêt électrique d'un serveur Vax ou Alpha.

### 1.4 Les stations

Deux stations Alpha avaient été installées en début 96 pour valider une solution à base de stations 64 bits et de frontaux temps réel 32 bits (RTVAX 300).

Le problème majeur s'est avéré être lié au format des nombres réels, codés en IEEE sur les stations Alpha, alors que codés en format inversé sur les frontaux et stations VAX.

La conversion est donc faite au niveau des stations et sera supprimée lorsque les frontaux seront à leur tour tous remplacés.

Une première station a été testée au poste de commande de mars à septembre et en octobre, toutes les stations VAX de contrôle ont été remplacées par des stations Alpha, y compris dans les salles de physique (SME, LISE, SPEG)

Ces stations sont équipées de 128 Mo de mémoire vive, mais celles du PCP qui sont plus sollicitées sont désormais équipées de 160 Mo comme celles de SPIRAL.

L'adjonction d'une salle de commande supplémentaire pour SPIRAL nécessite de reconfigurer l'ensemble du réseau dans le bâtiment de commande.

En effet le PCP utilise un réseau Ethernet câblé en coaxial (norme 10B2), alors que les nouvelles stations ont des interfaces Ethernet sur de la paire torsadée (norme 10BT).

Le réseau coaxial est constitué d'un seul câble avec chaînage des stations, alors que le réseau paire torsadée comporte autant de brins que de stations.

Un concentrateur doit alors être installé pour permettre la connexion de tous ces brins et prendre aussi en compte le réseau déjà existant.

Ce concentrateur offre aussi l'avantage de pouvoir partitionner le réseau en sous-ensembles, de façon à en isoler automatiquement un qui serait défaillant sans perturber l'ensemble.

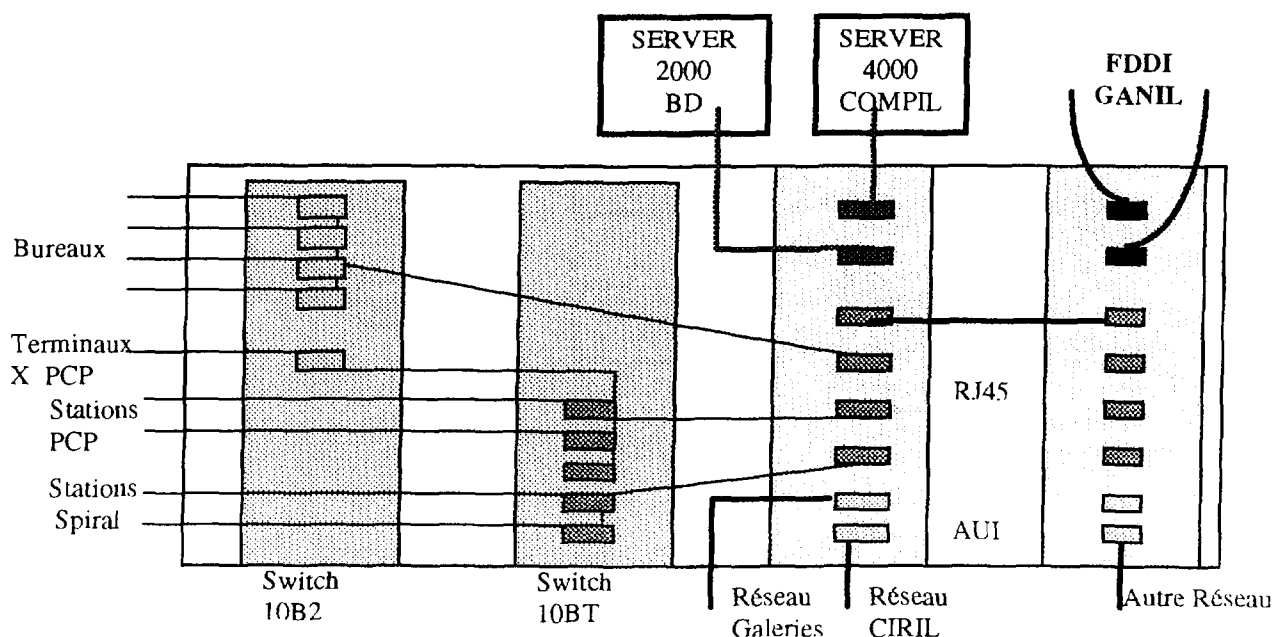
Six groupes vont être ainsi constitués et les flux générés dans chacun ne seront pas systématiquement transmis aux autres (fonction de filtrage entre groupes).

Un groupe comprendra des stations du PCP actuel, un autre les stations de Spiral, un autre les châssis frontaux temps réel. Un groupe sera généré par le raccordement au réseau général du Ganil, un sera constitué des PC et stations des bureaux et le dernier sera dédié au CIRIL.

Ces différents groupes accéderont aux deux serveurs avec filtrage pour que les flux liés au développement ne soient pas systématiquement pris en compte par le serveur de contrôle.

Ce serveur sera relié au concentrateur par une liaison à 100 Mbits et non à 10 Mbits comme les stations. Ainsi, s'il est sollicité simultanément par les trois groupes PCP, Spiral et frontaux, aucun goulet d'étranglement ne ralentira son débit. Il en sera de même pour le serveur de développement.

Ce concentrateur permettra aussi la connexion sur l'anneau FDDI 100 Mbits général du Ganil.







FR9903119

## 4.8 - Adaptation du système de contrôle en prévision de l'intégration de SPIRAL

E. Lécorché et le groupe Informatique Machine

### Abstract :

*As soon as the collaboration between the Spiral project and the Control Group has been defined, the first implementations of the Spiral control system started following various directions. Both the global hardware and software architectures have been specified and some practical works have been undertaken such as the Ethernet network installation or the first Spiral oriented software design and coding.*

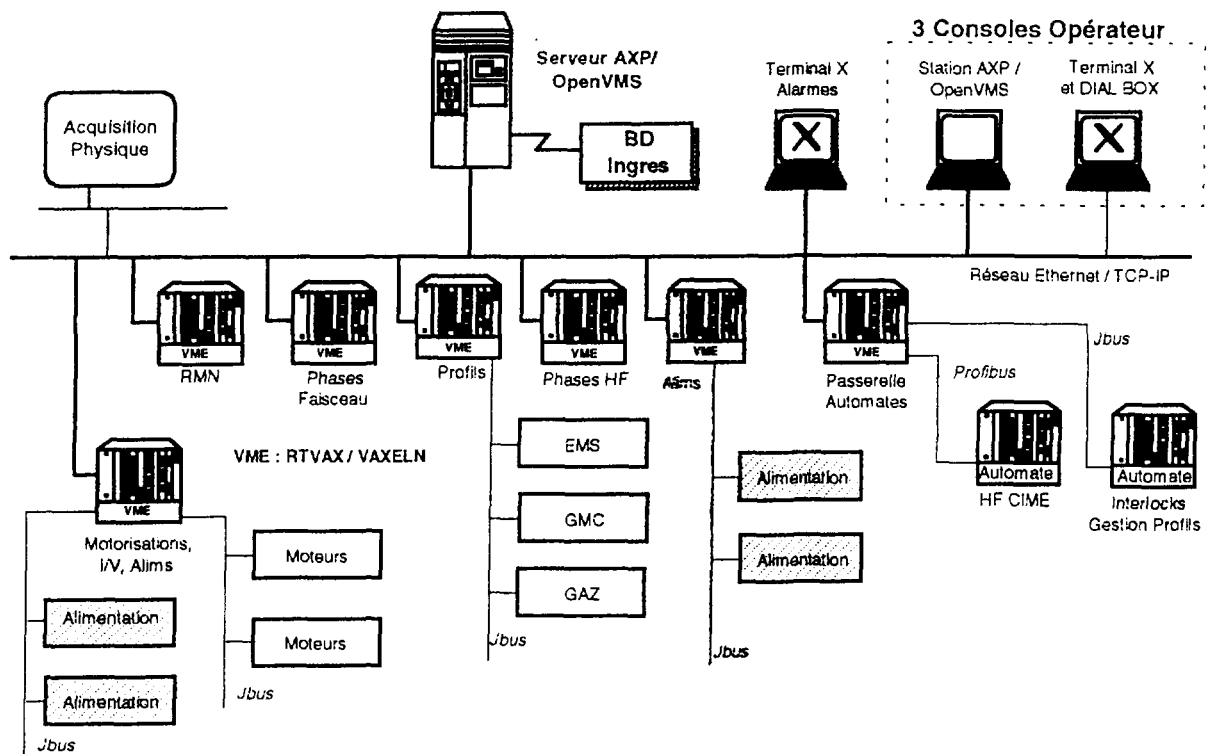
s dans le cadre de ce dernier. Une telle démarche permettra ainsi de bénéficier de l'expérience acquise sur le système de contrôle du Ganil et de mettre à disposition dans les délais très courts requis les moyens nécessaires au contrôle de Spiral. Ultérieurement, la maintenance, l'exploitation au quotidien et l'évolution des deux systèmes homogènes entre eux en seront donc plus maîtrisables compte tenu des effectifs disponibles.

### INTRODUCTION

Suite à des discussions préparatoires informelles menées durant l'année précédente, les collaborations entre le groupe de projet Spiral et le groupe Informatique Machine ont été définies fin mars 96 avec comme objectif la fourniture d'un système de contrôle de Spiral souple, évolutif et indépendant du contrôle du Ganil tout en s'appuyant toutefois sur les solutions et techniques utilisées

### 1 . SPECIFICATION D'ENSEMBLE

La première phase du travail a consisté à préciser les besoins relatifs au contrôle de Spiral tout en prenant en compte les contraintes d'environnement du projet (délais, coûts, performances, fonctionnalités, aspects techniques ...). Ceci a conduit à l'élaboration d'un cahier des charges puis d'une architecture résumée dans le schéma ci-dessous et brièvement décrite dans le numéro 4 de Spiral Actualités de Juillet 96.



### 2 . TRAVAUX REALISES EN CONSEQUENCE

Une fois la conception globale du système ainsi définie puis validée, il a alors été possible de démarrer les différentes actions impliquées par la conduite du projet.

Ce qui suit rassemble la plupart des activités ainsi entreprises et achevées courant 96. Par ailleurs, la quasi totalité des engagements budgétaires entraînés par le projet a été réalisée lors de cette année.

#### Niveau Matériel :

- Installation du réseau Ethernet de contrôle desservant le sous-sol salle 5, la salle 8 et l'extension du bâtiment énergie (en collaboration avec le groupe Informatique de la Physique).
- Remplacement du processeur Alpha du serveur AXP/OpenVMS 2100 par un processeur nouvelle génération à 300 MHz.
- Etude sur l'interface VME des lignes à retard pour les processus Phases Faisceau et Phases HF. Lancement de la réalisation d'un prototype de module de ligne à retard pouvant être pilotée par Jbus (développement en cours par le groupe Electronique Machine).

#### Niveau Logiciel :

- Modifications logicielles permettant de gérer indépendamment sur le même serveur temps réel les systèmes de contrôle de Ganil et Spiral (gestion des données, traitement des alarmes, ...).
- Définition en liaison étroite avec le groupe Spiral du cahier des charges des applications Cyclochamp et HF ; premières réflexions sur les applications Paramètres, Isochronisme et Tours.
- Développement d'une version Spiral de l'application de cyclage des aimants "Cyclochamp" avec en particulier

ajout de fonctionnalités particulières en vue des mesures magnétiques.

- Premières discussions avec le groupe Informatique de la Physique sur l'établissement d'un protocole de communication au niveau applicatif dans l'objectif d'une part de la mise en place du banc d'identification des ions, d'autre part du développement de la mesure de la phase et du réglage de l'isochronisme en ions exotiques.

Enfin, il convient de rappeler aussi que le protocole de communication Decnet a été remplacé en fin d'année par le protocole TCP-IP que ce soit pour Ganil ou Spiral, ce qui ménage ainsi l'ouverture requise pour des évolutions, notamment pour ce qui est du domaine des fronts temps réel.

#### Références :

David Luc, Lécorché Eric : Contrôle de Spiral Evaluation technique des travaux à réaliser.  
Note interne Mars 96

Lécorché Eric : Compte-rendu de la réunion sur les applications Spiral du 10 mai 96.  
Ganil 539.96

Spiral Actualités n°4 Juillet 96 pages 10 à 13.

David Luc, Lécorché Eric : Etat des projets THI & Spiral.  
Note interne Novembre 96



## 4.9 - Informatique de contrôle des mesures de champ

L. David et le groupe Informatique Machine

### Abstract :

*This paper gives a short review concerning the new NMR probes measurement control system. Then it presents the new program "CYCLOCHAMP" attached to the magnetic field measurement which also allows to cycle the magnetic field inside the cyclotrons and to equilibrate it among the SSC sectors.*

### INTRODUCTION

La mesure du champ magnétique dans les cyclotrons et les dipôles était auparavant exclusivement assurée par des sondes RMN Scanditronix pilotée par un processus s'exécutant dans un châssis CAMAC piloté par un DIVA. Ce processus avait aussi la charge des fonctions de cyclage et d'équilibrage des aimants, fonctionnalités intégrées à ce niveau compte tenu des possibilités du logiciel et des alimentations lors de la conception initiale du système. L'introduction des nouvelles sondes RMN Metrolab a nécessité de rénover l'ensemble du système en introduisant un châssis VME interfaçant les sondes Scanditronix existantes et les nouvelles sondes Metrolab à intégrer. Dans le prolongement de cette action, la nouvelle application de cyclage et d'équilibrage "CYCLOCHAMP" a été développée, cette application exploite ainsi la nouvelle architecture logicielle concernant les processus dans le nouveau système de contrôle.

L'évolution de l'interface de contrôle des sondes RMN a été bien sûr menée en étroite collaboration avec le groupe "Alimentations et Charges".

### 1 . MESURE DU CHAMP MAGNETIQUE PAR LES SONDES RMN

L'équipement de nouveaux dipôles a entraîné la mise en place de nouvelles sondes de mesure Metrolab, ce système étant appelé à remplacer progressivement l'actuel système basé sur les sondes de mesure Scanditronix devenant obsolète.

Par ailleurs, la gestion des sondes Scanditronix était confiée au processus développé sous l'ancien système de contrôle : standard CAMAC, conception et philosophie dérivées de l'architecture Mitra, programmation en LTR pour laquelle toute évolution était désormais impossible, la chaîne croisée de développement sur Mitra étant définitivement arrêtée. D'une part dans le cadre de la campagne de rénovation des équipements entreprises au sein du Secteur Exploitation, d'autre part les deux systèmes de sondes de mesure Scanditronix et Metrolab étant appelés à coexister temporairement, il avait été décidé de remplacer le châssis CAMAC par un châssis au standard VME intégrant les deux types de sonde. Outre le changement de standard matériel, le nouveau processus

ainsi développé permet de bénéficier des nouveaux apports du système de contrôle en respectant sa philosophie et évoluant de manière naturelle avec lui.

La refonte du processus de mesure s'est opérée en deux phases :

- en premier lieu, l'actuel système de mesure basé sur les sondes Scanditronix a été porté dans le nouvel environnement. Ce point a en fait nécessité la totale réécriture du logiciel de gestion, le nouveau processus s'appuie désormais sur un "handler" SCN comportant le logiciel de contrôle sous VaxELN et les structures de base de données Ingres correspondantes. L'interface matérielle avec les sondes de mesure est réalisée par des cartes d'entrée/sortie numérique banalisées.
- ensuite, le nouveau système de mesure Metrolab a été intégré à l'existant. Les sondes de mesure sont atteintes au moyen d'une liaison GPIB. Le module VME de liaison GPIB est une carte VME proposée par la société Interface Concept déjà fournisseuse du même module matériel mais avec des logiciels spécifiques en fonction de l'interface à réaliser (Jbus, Profibus notamment). Après les premiers tests de liaison GPIB via ce module, le "handler" MTB de gestion des sondes Metrolab a alors été écrit puis validé : spécification de la base de données relative à ces sondes, logiciel de pilotage correspondant sous VaxELN. Le processus interface donc les deux handlers MTB et SCN et comporte de nouvelles fonctionnalités telle la recherche automatique sur toute la gamme de fréquence ou la possibilité de surveillance.

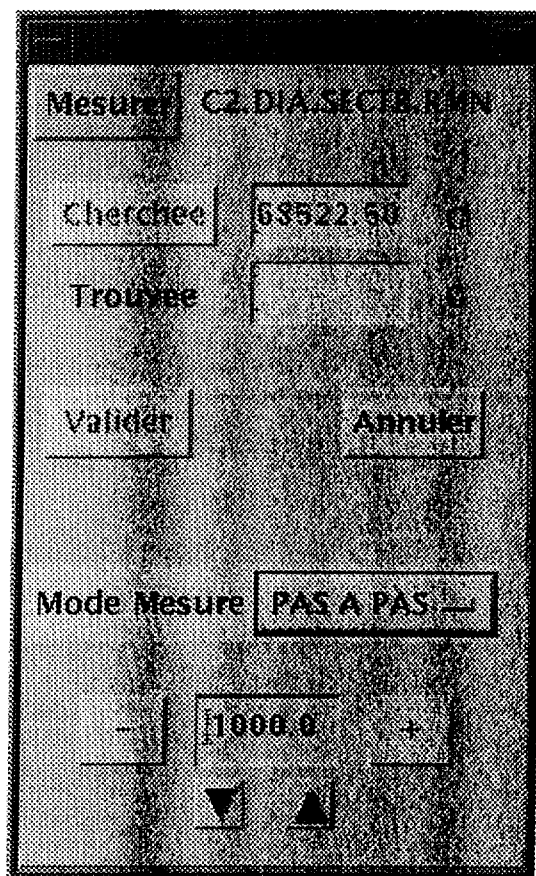
### 2 . APPLICATION DE CYCLAGE ET D'EQUILIBRAGE "CYCLOCHAMP"

Le processus CAMAC qui gérât antérieurement les sondes Scanditronix avait aussi la charge du cyclage et de l'équilibrage des cyclotrons, ces fonctionnalités étant transférées à ce niveau du fait des possibilités de l'ancien système informatique. Lors de la refonte du processus, compte tenu de la nouvelle architecture de contrôle, ces fonctions ont été intégrées dans la nouvelle application graphique "CYCLOCHAMP" bâtie sur la nouvelle architecture "objet" définie pour le graphisme sous Motif. La figure ci-après illustre l'accès à la mesure de sonde RMN au travers de l'objet graphique associé.

De plus, cette application s'appuie sur la base de données préalablement initialisée par l'application "PARAMETRES", les différentes actions possibles à partir de CYCLOCHAMP étant listées ci-dessous.

- Cyclage des injecteurs,
- Cyclage des CSS,

- Equilibrage des CSS lorsque ceux-ci ont été cyclés correctement,
- Accès à la bobine principale du cyclotron avec possibilité de remise à zéro progressive de l'alimentation de compensation ("trimmer") associée,



Interface graphique de la mesure de la sonde RMN

- Positionnement des sondes radiales des cyclotrons,
- Mesures du champ par les sondes RMN,
- Relevé automatique de cartes de champ à partir des mesures RMN (avec comme objectif, à titre d'évaluation, l'établissement par l'application "ISOCHRONISME" de l'isochronisme du cyclotron à partir du champ magnétique en substitution des mesures de phase faisceau).

Une version spécifique de cette application a été préparée gérant le cyclotron CIME de Spiral. Dans le cadre des mesures magnétiques à effectuer, cette application autorise en plus la modification des paramètres du cyclage effectué (temps de cycle, paliers de rampe) et d'historiser les différents essais entrepris.

Référence :

P. Gillette : Application Cyclochamp

Note d'utilisation Octobre 96

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

**5**

**SURETE**

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**



## GESTION DES ACCES :

## INCIDENTS, AMELIORATIONS ET NOUVEAUX DISPOSITIFS

F. Loyer

*Abstract*

*Until 1995, the accesses inside the accelerator rooms were controlled only by UGS2, a computerized system using VME with codes written in C. In June 1995, a failure of UGS2 induced the possibility of entering SSC1 room while the beam was on. The accelerator was stopped. A month later, a manual system (DMP), based on locks with keys, has been installed in parallel on UGS2 in order to avoid other accident and the accelerator was restarted. Since May 96, a new system (UGS-R), based on safety PLCs, has replaced DMP. Its main function is to permanently check that, inside every room, people cannot be present while the beam is on and to cut the beam in the contrary case. Consequently, UGS-R avoids accidents if UGS2 is not correctly working.*

**1. ETAT DES SYSTEMES GERANT LES SECURITES RADIOLOGIQUES EN 95**

Ce système, appelé UGS2, a pour objectif principal de garantir la sécurité du personnel vis-à-vis des risques radiologiques. Pour cela, il contrôle le taux de rayonnement à l'aide de balises, vérifie la (non) présence du faisceau en contrôlant l'état des arrêts faisceau et autorise ou non l'accès dans les salles. Il commande directement un arrêt faisceau spécifique en cas de détection d'un risque créé par un dysfonctionnement du matériel. Il a remplacé l'UGS1 en janvier 90. Les fonctions réalisées par l'UGS2 sont identiques à celles de l'UGS1, seule la technologie a été modernisée. Elle utilise en particulier des microprocesseurs au standard VME programmés en C sous un système d'exploitation temps réel pDOS. Un terminal graphique permet le contrôle du système à l'aide de synoptiques.

**2. INCIDENT DU 9 JUIN 95**

Un certain nombre de dysfonctionnements se sont produits depuis la mise en route de l'UGS2, occasionnant une gêne pour l'exploitant mais ne mettant jamais en cause la sécurité des personnes, les chaînes de sécurité étant toujours opérationnelles.

Le 9 juin 95, pendant une phase de démarrage de l'accélérateur, un dysfonctionnement plus grave a touché les chaînes de sécurité entraînant l'ouverture des portes de la casemate de CSS1 alors que le faisceau était accéléré et ce, pendant environ 20 minutes. Fort heureusement, aucun agent n'est entré pendant ce temps dans la casemate de CSS1, ce qui fait qu'aucune irradiation de personne n'est à déplorer. Cet incident a été classé au niveau 2 dans l'échelle internationale des événements nucléaires qui en comporte 7.

La cause réelle de cet incident n'a pas pu être démontrée. Toutefois, grâce à des simulations en laboratoire, il y a de fortes présomptions pour que la cause soit une perturbation dans la liaison entre le cœur de l'UGS et le processeur gérant les accès de la casemate de CSS1 (UGD). Une modification récente du logiciel peut aussi expliquer que le système soit devenu sensible à une telle perturbation.

Suite à cet incident, il a été admis qu'un tel système entièrement construit avec des logiciels temps réel était

impossible à valider et qu'il ne pouvait donc pas être suffisant pour assurer la sécurité des personnes.

En conséquence, l'accélérateur a été arrêté et son redémarrage conditionné à la mise en place d'un système de sécurité redondant.

**3. DISPOSITIF MANUEL REDONDANT (DMP)**

En attendant la mise en place d'un système redondant garantissant la sécurité tout en maintenant les fonctions de l'UGS2, il a été mis en place un système manuel appelé DMP (Dispositif Manuel Redondant).

Son principe était rudimentaire : avant d'envoyer le faisceau dans les salles de l'accélérateur, l'exploitant s'assurait qu'il n'y avait plus personne dans les salles et fermait toutes les portes à l'aide de serrures dont la clé, unique, interdisait l'envoi du faisceau si elle n'était pas insérée dans son barillet à la salle de commande.

Un système identique était mis en place pour les salles de physique avec arrêt du faisceau à la sortie de l'accélérateur.

De plus, des consignations mécaniques étaient appliquées sur les arrêts faisceau et la grille de commutation des salles de physique qui étaient en accès libre.

Ce système était lourd d'utilisation car fondé sur des procédures et pénalisant car il entraînait l'arrêt du faisceau dans toutes les salles de physique dès que l'on accédait dans l'une d'entre elles. Cela empêchait en particulier le fonctionnement de la SME car entrer dans D1 signifiait l'arrêt du faisceau et donc de la physique haute énergie.

Après autorisation de la DSIN (Direction de la Sécurité des Installations Nucléaires), l'accélérateur a été redémarré avec le DMP en parallèle sur l'UGS2 le 13 juillet 95.

**4. UGS-R (UGS Redondant)**

Pendant que l'accélérateur fonctionnait avec le DMP, un système définitif redondant (UGS-R) était conçu puis installé.

Son rôle est de vérifier qu'il n'y a pas simultanément possibilité de présence du faisceau et de personnel dans une salle (événement redouté) et d'agir en coupant instantanément le faisceau dans le cas contraire.

En fonctionnement normal, l'UGS-R est transparent pour les utilisateurs car, si l'UGS2 fonctionne correctement, jamais l'UGS-R n'aura à intervenir en coupant le faisceau.

Par contre, si un dysfonctionnement de l'UGS2 identique à celui du 9 juin 95 se reproduisait, alors l'UGS-R le détecterait (possibilité de présence simultanée du faisceau et du personnel) et couperait instantanément le faisceau.

L'UGS-R est bâti autour d'automates de sécurité (voir synoptique ci-dessous), c'est à dire d'automates dédoublés qui vérifient en permanence la cohérence de leurs entrées et de leurs sorties et se mettent en sécurité, entraînant la coupure du faisceau, en cas de désaccord entre les deux.

Un automate principal compare en permanence la possibilité de présence du faisceau dans les salles (lecture de l'état des sécurités faisceau) avec la possibilité de présence de personnel que des automates locaux (1 pour chaque salle machine et 1 pour 2 salles de physique) vérifie en permanence en détectant l'état des portes et en comptant les personnes qui entrent et sortent par les SAS. L'ensemble des capteurs (portes, sécurités faisceau) sont doublés (1 par automate) et l'ensemble de l'UGS-R est totalement indépendant de l'UGS2.

De plus, l'automate principal mémorise l'état de l'ensemble du système en cas d'occurrence de l'événement redouté ainsi que 5 sec et 15 sec après.

L'UGS-R a été mis en route le 23 mai 96 à la place du DMP.

Depuis cette date, quelques déclenchements de l'UGS-R ont eu lieu. La plupart étaient dus à un oubli de valider l'évacuation de la salle avant d'envoyer le faisceau, ce qui revenait à envoyer le faisceau dans une salle où du

personnel pouvait se trouver. Les autres déclenchements étaient dus à un dysfonctionnement des capteurs de portes ou de sécurité faisceau. Un seul était dû à un désaccord entre la réaction de l'UGS2 et l'UGS-R. Aucun déclenchement n'est intervenu suite à un dysfonctionnement de l'UGS2.

Des modifications de l'UGS-R seront effectuées pendant l'hiver 96-97 pour parer à tous ces déclenchements non liés à des dysfonctionnements de l'UGS2.

## 5. MODIFICATIONS DE L'UGS2

Parallèlement à la mise en place de l'UGS-R, l'UGS2 a été légèrement modifiée pour diminuer les risques de dysfonctionnement.

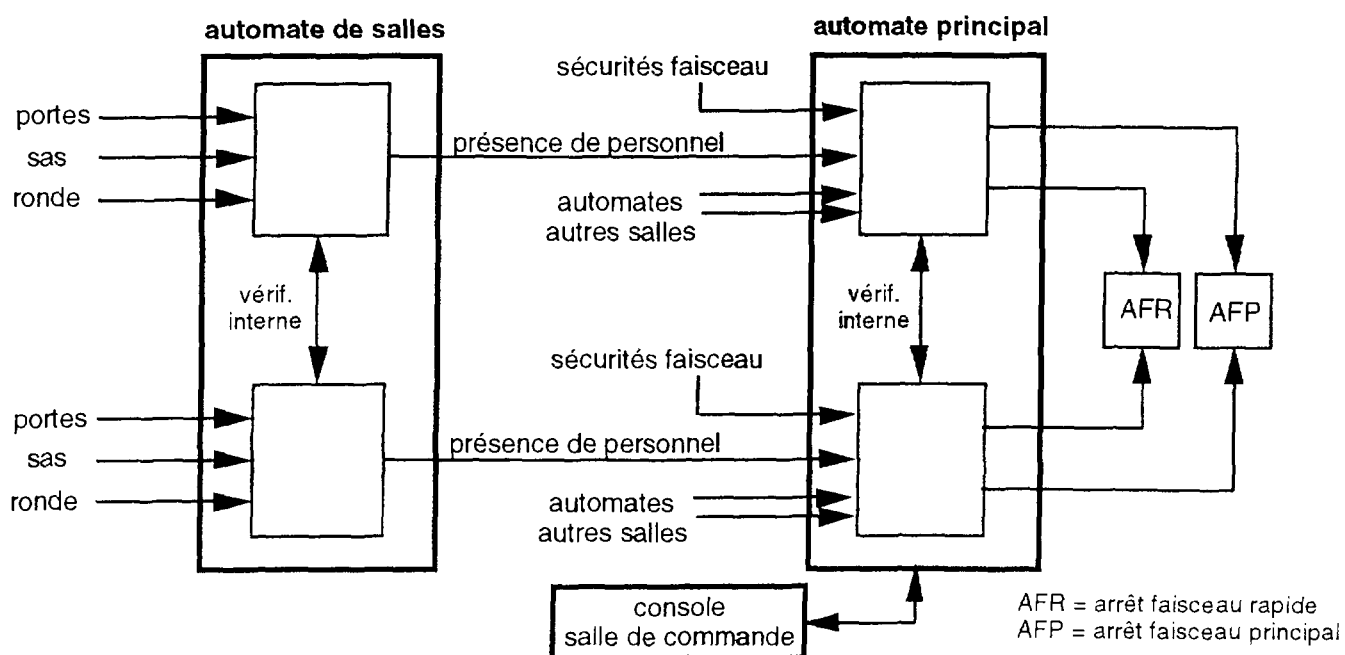
En particulier :

- l'état réel des salles et l'état déterminé par l'UGS sont comparés en permanence;
- les messages entre le coeur de l'UGS et les UGD gérant les salles sont vérifiés par répétition du message reçu;
- la simultanéité des entrées ou sorties dans 2 sas différents est gérée.

### Bibliographie

MM. Dero, De Saint-Jores, Luong et Martina, "Le système matériel redondant UGS-R : principe et réalisation", GANIL95/SPI/36C  
C.Jamet, "UGS-R, note technique", GANIL/SUR/95010.10

## Synoptique de l'UGS-R





S I S S I

**NEXT PAGE(S)**  
**left BLANK**





### Abstract

SISSI operated during 6 months in 1995 and until July in 1996. Several physics experiments used this device for the production of secondary ion beams, even if some interventions had to be done on the cryogenic system. Some machine studies were done, in order to improve the tuning of the optics for the secondary ion beam transport, and at the end of 1996 several mechanical modifications were undertaken to increase the transmission rate of the secondary beams. It was decided also to modify the cryogenic system in order to improve its reliability.

## 1. EXPERIENCES DE PHYSIQUE

Expériences qui ont utilisé SISSI pour la production de faisceaux secondaires:

n° expérience	faisceau	salle
E231-a	$^{78}\text{Kr}$ 73 MeV/A	LISE3
E133-d	$^{40}\text{Ar}$ 70 MeV/A	SPEG
E246	$^{18}\text{O}$ 76 MeV/A	SPEG
E237	id.	G21
E251	id.	SPEG
E269	$^{12}\text{C}$ 75 MeV/A	SPEG
E243	$^{86}\text{Kr}$ 60 MeV/A	LISE3
E133d	$^{40}\text{Ar}$ 70 MeV/A	SPEG

Quelques difficultés de positionnement du faisceau au centre de la cible ont été rencontrées, l'alignement du cryostat a été repris plusieurs fois.

## 2. ENSEMBLE CRYOGENIQUE

Plusieurs pannes du système cryogénique ont interrompu le fonctionnement de SISSI. Entre autres interventions au cours de l'année 1995, la société CRYOMECH a remplacé l'échangeur du 1er étage de la tête froide, et le SBT (CENG - Grenoble) a procédé plusieurs fois à la remise en service de l'ensemble cryogénérateur (en particulier rupture 2 fois de suite des boulons maintenant la tête froide sur le cryostat).

Un autre type de panne, survenue 2 fois, concerne l'ouverture intempestive du contacteur des alimentations de SISSI, qui a provoqué une décharge des bobines et l'évacuation de l'Hélium par le clapet de décharge, sans qu'il y ait eu un véritable quench. Ce problème semblait être dû à un mauvais fonctionnement du coffret de surveillance, lequel a été modifié.

En 1996, ce sont des pannes plus conséquentes qui ont perturbé les programmes d'expériences prévues avec SISSI. En février puis en avril, une pollution du circuit, liée à l'utilisation d'un piège à zéolithe, a nécessité l'arrêt de SISSI.

Puis fin juin, un tuyau d'hélium a été percé suite à un court-circuit provoqué par un contact anormal entre une amenée de courant et ce tuyau. SISSI a alors été retiré de la ligne, le diagnostic de la panne n'ayant pu être fait dans la casemate (incompatibilité avec la fourniture du faisceau

pour la physique). SISSI a alors été déclaré non opérationnel. Réinstallé sur la ligne en octobre après réparation, il n'a pu être réutilisé pour les expériences de physique car les performances de la cryogénie étaient insuffisantes suite à une défaillance d'une vanne.

Suite à cette série de pannes, il a été décidé en fin d'année de modifier le cryogénérateur, de manière à fiabiliser totalement le fonctionnement de SISSI pour les années futures. Une consultation a été menée auprès des laboratoires du CEA et du CNRS ainsi qu'auprès des industries afin d'obtenir des propositions de modifications. La base du cahier des charges de cette consultation était le remplacement du cryogénérateur par une alimentation directe en hélium liquide à partir d'un réservoir de stockage que l'on viendrait remplir au fur et à mesure des besoins. L'objectif est d'avoir ce nouveau système opérationnel pour le redémarrage de 1998. En attendant, SISSI sera utilisé en l'état, en espérant que sa fiabilité ne sera pas mauvaise au point de ne pas pouvoir l'utiliser.

## 3. REALISATIONS MECANIQUES

L'étude d'un nouveau porte-cible a été lancée en septembre 1996, de manière à agrandir les fenêtres pour les différentes cibles (le faisceau touchait en effet le porte-cible), et pour ajouter un système de mesure de positionnement du faisceau.

Concernant le dégradeur utilisé dans le spectromètre Alpha, l'étude d'un système à plusieurs cibles a débuté en novembre 1996.

Le tout sera installé pour le redémarrage d'avril 1997.

## 4. PROCEDURE DE REGLAGE

Suite à la création d'un comité "SISSI", composé d'ingénieurs du secteur Exploitation et de physiciens, et ayant un rôle de conseiller pour le déroulement des expériences utilisant SISSI, plusieurs études de réglage ont été faites pour mettre au point une procédure de réglage d'optique pour le transport des faisceaux secondaires.

Un dipôle de correction supplémentaire a été installé dans la ligne L3, pour faciliter l'alignement du faisceau en amont de SISSI, et une méthode optique a été mise au point pour régler la focalisation du faisceau sur la cible. Les optiques utilisées lors des réglages avec dégradeur achromatique dans le spectromètre alpha ont été modifiées, car les transmissions obtenues étaient plus faibles que prévues. Elles seront testées lors du redémarrage 1997.



**LE PROJET**

**THI**

**NEXT PAGE(S)**  
**left BLANK**



## ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET THI POUR 1996

E. Baron et le Secteur Exploitation

## 1. INTRODUCTION

Le 15 novembre 1996, un premier faisceau d'  $^{36}\text{Ar}$  de forte intensité a été accéléré dans la machine jusqu'à l'éjection de CSS2 [1]. Ce test, qui avait pour but de valider de nombreux équipements et en tout premier lieu le système de protection rapide contre les pertes de

faisceau, a abouti, dans des conditions de sécurité, aux résultats présentés dans le tableau ci-dessous.

Le détail des opérations et réalisations qui ont permis l'obtention de ces résultats est indiqué ci-dessous, ainsi que les améliorations qui restent à apporter à l'ensemble accélérateur pour l'année qui vient.

	Source (pps)	Sortie C01 (pps)	Sortie CSS1 (pps)	Puissance CSS1 (W)	Sortie CSS2 (pps)	Puissance CSS2 (W)
Intensité atteinte	$6,25 \times 10^{13}$	$2,75 \times 10^{13}$	$1,37 \times 10^{13}$	1 070	$0,35 \times 10^{13}$	2 000
Intensité prévue	$4,5 \times 10^{13}$	$2,2 \times 10^{13}$	$1,56 \times 10^{13}$	1 220	$1,1 \times 10^{13}$	6 000

## 2. REGROUPEUR R2

Le résonateur a été testé à bas niveau HF, dans le hall SPIRAL, au cours du mois de décembre 1995.

L'amplificateur Thomcast et ses alimentations ont été installés à leur emplacement définitif pendant l'arrêt de janvier - février 1996. Dans le même temps, le résonateur a été mis en place sur sa plate-forme de la ligne L2, ainsi que l'ensemble du système de pompage. La charge fictive a aussi été reconnectée de façon à autoriser certains tests sans perturbation du faisceau. Pour faire des tests sur la cavité résonnante, on a exploité de courtes périodes lors des changements de faisceau. Pour le reste du temps, la formation de la cavité n'a pu se faire qu'en mode pulsé (profitant de la pulsation du faisceau rendue obligatoire par l'utilisation des Transformateurs d'Intensité), ou bien pendant les périodes d'arrêt de la machine.

Le regroupeur a été victime de plusieurs pannes au cours de l'année 1996 : défaut de la boucle de couplage, fuite d'eau dans l'amplificateur, remplacement d'un tube Siemens, remplacement d'un connecteur de tube. Aucune intervention n'a pu s'effectuer de façon immédiate, du fait de l'impossibilité d'accéder à la casemate de CSS2 ; sauf pour de très courtes interventions, il a fallu à chaque fois attendre une période d'arrêt machine, avec la difficulté supplémentaire de s'accorder avec le personnel Thomcast, qui est intervenu quatre fois.

A la fréquence de 53,8 MHz, nécessaire pour l'étude machine citée plus haut, on a obtenu une tension maximale de 170 kV en continu et plus de 240 kV (valeur maximum contractuelle) en régime pulsé. Les systèmes électroniques de protection et d'asservissements d'accord, d'amplitude et de phase (collaboration IPN Orsay/GANIL) ont été mis en service, ainsi que les interfaces de raccordement au système de calage en phase du GANIL.

Lors de la dernière étude machine, R2 a été brièvement essayé sur le faisceau de CSS2 en mode manuel, c'est-à-dire avec commande locale (et non à partir du pupitre). La largeur au pied des derniers tours

est réduite d'un facteur 1,7 environ, ce qui doit diminuer les pertes de faisceau dans les canaux d'éjection.

De nombreux tests sont encore à effectuer sur toute la gamme de fréquence, et des améliorations à apporter, avant de mettre en place l'application qui permettra de commander R2 à partir du pupitre de commande comme les autres cavités HF.

## 3. ADAPTATION DE L'ACCELERATEUR AUX FORTES INTENSITES

Cette adaptation concerne la production par la source ECR de faisceaux de forte intensité et de grande stabilité à long terme, les dispositifs de réglage et de surveillance du faisceau, la détection et la minimisation des pertes de particules, la protection thermique des éléments de l'accélérateur, la protection des personnels contre les rayonnements, l'augmentation de la durée de vie de la feuille d'épluchage, le tout s'appuyant sur des études machine spécifiques.

3.1. Source

L'ion type de test des faisceaux THI est  $^{36}\text{Ar}^{10+}$ . Plusieurs campagnes ont permis d'obtenir finalement un faisceau de 100  $\mu\text{Ae}$  ( $6,25 \times 10^{13}$  pps), très stable sur plusieurs jours, en utilisant un seul paramètre de reprise en cas de modification de régime du plasma, à savoir l'ajustage d'une faible tension de polarisation sur le tube d'arrivée de gaz [2].

3.2. Méthodes de réglage et capteurs associés

- le réglage de la ligne d'injection axiale et du C01 se fait à intensité modérée à l'aide des capteurs à plans de fils actuels, en diminuant le faisceau par le hacheur ; la reprise à forte intensité se fait sans profileur, par ajustage des paramètres des groupeurs, afin d'optimiser les qualités du faisceau extrait de l'injecteur C01. On utilise alors un réducteur d'intensité passif (poivrière).

- le réglage de l'ensemble de la ligne L1 s'effectue actuellement en utilisant une poivrière et les profileurs actuels ; néanmoins, cette méthode supprime d'éventuels effets de charge d'espace. C'est pourquoi deux prototypes de *profileurs à fil hélicoïdal* type Dubna ont été implantés et 9 unités suivantes le seront durant l'arrêt d'hiver. Bien que le fonctionnement propre de ces profileurs soit satisfaisant, il est cependant souvent perturbé par une modulation du faisceau de position dont les causes ne sont pas encore bien comprises.

- pour les lignes L2 et L3, il apparaît que le remplacement pur et simple des profileurs à plans de fils par des *profileurs non interceptifs à galettes de microcanaux* est prématuré. Divers obstacles se sont dressés à l'installation et lors du fonctionnement de ces capteurs : coexistence difficile avec les autres capteurs dans la même enceinte à vide (cylindres de Faraday, fentes de définition), ouverture efficace limitée pour des modes de fonctionnement particuliers (mesures de masse avec CSS2, SSSI), protection des galettes vis-à-vis de fortes fluctuations d'intensité ou de pression et sensibilité aux rayonnements (bruit) dans des zones particulièrement interceptrices de faisceaux (fentes du spectromètre  $\alpha$ ). Il a donc été décidé de se cantonner dans une phase de R & D : plusieurs prototypes ont été développés et installés pour tests :

- modèle à un seul plan de mesure, moins encombrant [3]
- modèle insérable,
- modèle à deux tensions découplées (polarisation et collection)
- modèle à bouclier frontal faisant office de détecteur de pertes de faisceau
- protection des galettes de microcanaux contre les surtensions

On s'oriente vers une utilisation de tels profileurs réduite à la *surveillance* des faisceaux de haute intensité, jouant donc un rôle complémentaire de celui des plans de fils, que l'on continue d'utiliser pour le *réglage* en réduisant l'intensité par des poivrières. Ce mode de réglage impose en revanche le développement d'un préamplificateur dédié pour les sondes de phase utilisées pour les asservissements, associé à un ou plusieurs atténuateurs.

### 3.3. Capteurs de surveillance

- pour détecter les pertes de faisceau dans les lignes de transport, on a installé à l'entrée et à la sortie de chaque dipôle des lignes L2 et L3 des capteurs simples constitués d'un *diaphragme de carbone isolé galvaniquement*.
- à l'intérieur des CSS, de tels systèmes d'électrodes sont déjà installés à l'entrée des éléments d'injection et d'éjection.
- le traitement du signal de perte de faisceau comporte 2 volets :
  - en phase de réglage, c'est-à-dire à faible intensité, le signal délivré doit être l'image de l'intensité perdue (dans les CSS seulement)

- en phase de surveillance, à haute intensité, le franchissement d'un seuil déclenche une réponse rapide (inférieure à une milliseconde) commandant un réducteur d'intensité

- dans ce but, une électronique associée constituée d'une carte d'acquisition VME a été développée : elle génère soit une image logarithmique du signal (car la dynamique doit être grande), soit une demande d'intervention sur le bacheur de faisceau.

- le système est complété par une surveillance du courant de faisceau perdu globalement dans chaque CSS, en prélevant cette information sur les *transformateurs d'intensité (TI) différentiels* de chacun de ces cyclotrons dont le temps de réponse est de l'ordre de 20 ms .

Ce système a été entièrement testé, capteur par capteur (plus de 50 unités), par déviation provoquée du faisceau, puis avec le faisceau de forte intensité [4]. Il s'est révélé *parfaitement* efficace et les enseignements suivants ont été tirés :

- le temps de réponse des détecteurs de pertes est trop faible (moins d'une milliseconde) : par exemple, tout "claquage" du déflecteur électrostatique de l'injecteur C01 se traduit par une déviation très brève du faisceau, détectée dans CSS2 . Or, ces perturbations, bien que réductibles quant à leur fréquence, sont inévitables et ne constituent toutefois pas un danger pour les composants de la machine. Pour y remédier, on peut :

- ajuster la constante de temps de chaque circuit détecteur selon la nature des éléments aval à protéger (type de matériau, refroidi ou non, etc.)
- laisser l'interruption se déclencher , mais imposer un retour à l'état initial au bout d'une durée brève (100 ou 200 ms), sous condition que la méthode de mesure de transmission globale par TI différentiels soit étendue aux lignes L2 et L3.
- diminuer le bruit sur les TI différentiels

- la surveillance par TI différentiel de la transmission de CSS1 rend inutiles les détecteurs de pertes de l'injection de ce dernier (puissance maximale perdue 100 watts environ)

- le temps de réponse des TI différentiels ( 15 à 30 ms) doit être amélioré.

### 3.4. Surveillance des alimentations

Une perte soudaine, totale ou partielle de faisceau est souvent causée par un dysfonctionnement d'une alimentation de courant ; des situations se sont présentées où ce dysfonctionnement avait son origine dans la boucle de régulation (DCCT) elle-même, rendant la recherche de l'alimentation incriminée difficile. Une double surveillance courant et tension aux bornes de la charge doit être assurée sur environ 240 alimentations particulièrement sensibles : de nouveaux CCPD ont été développés dans ce but. La fabrication est terminée et cette surveillance est actuellement applicable unité par unité, ce qui va permettre de déterminer la valeur de la fourchette pour chaque élément. L'installation est terminée pour 100 éléments ; elle se poursuivra durant l'arrêt d'hiver et dans le courant du premier semestre

1996. Parallèlement, une application doit être développée pour utiliser cette surveillance globalement ou par tronçon de ligne (ou cyclotron) et du temps de faisceau consacré au réglage des valeurs de fourchettes.

### 3.5. Nouveau système d'éjection de l'injecteur

Le nouveau déflecteur électrostatique de l'injecteur C01 a fonctionné parfaitement toute l'année avec des faisceaux d'intensité standard GANIL. Cependant, l'éjection de faisceaux de quelques  $10^{13}$  pps a révélé qu'après plusieurs jours de fonctionnement, les claquages deviennent plus fréquents, déclenchant ainsi inopinément la sécurité "perte faisceau" au niveau de CSS2. A l'arrêt d'hiver, on modifiera l'écartement des deux électrodes et, si cela s'avérait insuffisant, on modifierait la tête de sonde radiale d'éjection de façon à "nettoyer" le dernier tour de faisceau.

### 3.6. Modifications mécaniques

#### 3.6.1 Protection des chambres à vide.

Toutes les chambres à vide des dipôles de L2 et L3, exposées à des pertes de faisceau, soit permanentes, soit transitoires, ont reçu un écran thermique interne, refroidi ou non selon le risque estimé.

#### 3.6.2. Capteurs interceptifs et fentes

Pour CSS2 et L3, le nombre d'éléments pouvant intercepter le faisceau haute intensité pendant des temps longs doit être réduit au minimum : utilisation de transformateurs d'intensité à la place de cylindres de Faraday, couplage des arrêts faisceau avec un réducteur d'intensité placé en amont. Néanmoins, il apparaît indispensable d'équiper au moins une sonde interne CSS2 d'une tête pouvant recevoir une puissance de 6 kW ; de même, un cylindre de Faraday capable de supporter cette puissance a été étudié, réalisé et installé.

Parallèlement, le triple jeu de fentes du spectromètre  $\alpha$ , en fonctionnement SISSI, intercepte une importante fraction du faisceau primaire, ceci de façon permanente : cet ensemble est maintenant protégé par un jeu de collimateurs (voir paragraphe 3.7)

#### 3.6.3. Eplucheur

La mise en rotation de la feuille d'épluchage afin d'augmenter sa durée de vie de la feuille est maintenant opérationnelle. Pour permettre une meilleure efficacité de l'asservissement de la tension de polarisation de l'éplucheur sur la phase d'entrée du faisceau dans CSS2, la fréquence de rotation a été diminuée de 0,1 Hz à 0,01 Hz.

Durant la dernière expérience THI, le faisceau d'argon a bombardé la feuille avec des intensités variables, allant jusqu'à  $1,4 \times 10^{13}$  pps ; cependant, il est encore trop tôt pour tirer une conclusion définitive sur le facteur d'augmentation de la durée de vie et sur la répercussion de la modulation de phase ou d'énergie (due

à l'inhomogénéité du carbone) sur le rendement d'éjection de CSS2.

### 3.7. Protection contre les rayonnements

#### 3.7.1. Télémanipulation de composants activés

Il s'agit essentiellement des fentes du spectromètre  $\alpha$  qui sont le point le plus fortement activé en fonctionnement SISSI : un dysfonctionnement d'un de ces éléments (blocage mécanique, fuite du circuit de refroidissement) risque de paralyser l'accélérateur. Une première étude a montré que les mécanismes de ces éléments se prêtent mal à l'adaptation d'un système de télémanipulation. La solution retenue aujourd'hui consiste en la mise en place d'un système de trois collimateurs, rétractables dans des chemises de plomb et que l'on peut facilement déconnecter pour être soit les stocker, soit pour les remplacer. Ces collimateurs, dont l'installation doit se terminer à l'arrêt d'hiver, servent en fait de limiteurs d'émission en fonctionnement SISSI ou THI, et protègent le système de fentes actuel contre l'activation, ce dernier n'étant plus utilisé que pour les faisceaux d'intensité normale.

Par ailleurs, afin de contrôler une éventuelle mise en suspension d'une contamination dans L3, lors d'un démontage quelconque ou d'un changement de cible de SISSI, une balise mobile a été étalonnée pour mesurer en ligne l'activité  $\alpha$  et  $\beta$  des aérosols.

#### 3.7.2. Protections biologiques

Dans la direction du faisceau haute énergie de SPIRAL, l'épaisseur de béton de 3,5 m va être portée à 5,2 m pendant l'arrêt d'hiver, avec possibilité d'ajouter encore 1 m à tout moment si nécessaire.

Pendant les études machine THI, le faisceau est arrêté dans le cylindre de Faraday 6 kW (ou, par défaut sur les deux arrêts de faisceau qui suivent sur le même tronçon de ligne) ; de ce fait, la salle D1 et l'arête de poisson doivent être interdites d'accès pendant ces tests.

### 3.8. Etudes machine directement liées au projet THI

Outre des études consacrées aux asservissements et des tests de diagnostics (profileurs, sondes d'extension en phase, détecteurs de pertes), on s'est concentré sur :

- l'étude de l'amélioration de l'éjection de CSS2. Ce problème n'est pas encore bien réglé à ce jour, en ce sens que le rendement global d'éjection, à intensité normale, atteint difficilement 90 %, ce qui est insuffisant pour THI. En effet, ce résultat est dû à une difficulté d'alignement dans les canaux magnétiques d'éjection, éléments dont toute modification de position ou de champ entraîne une perturbation sur les trajectoires internes ; c'est essentiellement ce défaut qui a empêché l'éjection de  $9 \times 10^{12}$  pps (soit 5 kW) lors de la dernière étude machine. L'apport de R2, dont le rôle essentiel est d'augmenter la transmission du déflecteur électrostatique en réduisant la largeur des derniers tours, ne se fera

- l'étude de la *sensibilité des éléments de lignes* (L2 et L3) à une variation de la valeur du courant d'alimentation. Ces études ont permis de cibler quelles alimentations devaient être surveillées en priorité (CF par.3.4) et de déterminer la précision théorique demandée pour la surveillance [5].
- l'étude d'une *nouvelle méthode de réglage rapide* de l'accélérateur [6]
- la *préparation d'une application d'adaptation automatique* du faisceau dans les lignes [7]
- l'homogénéité de feuilles d'épluchage de différentes origines [8].
- enfin sur l'accélération d'un faisceau de forte intensité [1].

L'ensemble des tests rapporté ci-dessus a naturellement permis d'identifier les actions à mener pour un fonctionnement THI stable et fiable. Il reste encore un travail important de compléments d'installation de diagnostics, de mise au point d'électronique et de commandes contrôles (y compris sur R2), d'amélioration des asservissements et de tests avec faisceau.

et le mode THI, par exemple 1,5 kW d'ions légers, à partir de mi-97. Le planning ci-joint résume les opérations les plus importantes à effectuer, en liaison avec les études machine.

- [1] Compte rendu de l'étude machine THI : transmission dans CSS2 d'un faisceau d'argon de 2 kW. E. Baron et le secteur Exploitation. Rapport GANIL/RI/EXP/505.97/EB
- [2] Préparation et conduite de la source ECR-C01 en  $^{36}\text{Ar}^{10+}$ . P. Lehérisier. Rapport GANIL/578.96/ml
- [3] Bilan de l'étude machine du 23/5/96. J.L. Vignet, Y. Georget, rapport Secteur Technique de la Physique.
- [4] Bilan par le groupe Electronique Machine de l'étude THI du 12/11/96. T. André, P. Anger, C. Jamet et E. Petit, Rapport GANIL/575/96
- [5] Sensibilité des conditions d'injection du faisceau à des variations des alimentations des éléments magnétiques des lignes(EM6). A. Savalle. Rapport GANIL/56196/AS
- [6] Nouvelle méthode de réglage de l'accélérateur (EM12). M.H.Moscatello. Rapport GANIL/573.96
- [7] Compte rendu de l'étude machine EM7. A. Savalle. Rapport GANIL/554.96/ml
- [8] Compte-rendu de test technique THI : comparaison d'homogénéité entre 3 cibles d'épluchage de fabrication différentes. E. Baron. Rapport GANIL

[illegible]

## **ANNEXE 1**

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

# EXPERIENCES REALISEES AVEC L'ACCELERATEUR GANIL

## 1 Expériences réalisées en Physique Nucléaire

1995

Date	N° Exp	Durée (h)	Intitulé	Porte Parole	Faisceau	E MeV/u
20-jul	E179d	200	Mesure de masse de $^{100}\text{Sn}$	Auger	$^{50}\text{Cr}^{9+}$	5,85
25-aoû	E182b	125	Variation des périodes radioactives en fonction de l'état de charge atomique - cas du $^{125}\text{Te}$	Chemin	$^{125}\text{Te}^{5+}$	40
25-sep	E212a	79,5	Investigation of the effective interaction in the scattering of heavy ions ( $^{16}\text{O}+^{16}\text{O}$ )	Von Oertzen	$^{16}\text{O}^{8+}$	40
24-oct	E228	172	Décroissance par protons et neutrons des résonances géantes. Une signature des états multiphonons.	Scarpaci	$^{36}\text{Ar}^{17+}$	44
16-sep	E231a	173	Etude et spectroscopie des noyaux aux limites de liaison nucléaire de $Z = 30-38$	Czajkowski	$^{78}\text{Kr}^{34+}$	73
17-nov	E237	94	Réactions de transfert multi-neutronique à partir de noyaux à halos.	Lott	$^{18}\text{O}^{8+}$	76
06-déc	E244	93,5	Spectroscopy of very proton-rich Nitrogen Isotopes	Ostrowski Lépine-Szily	$^{14}\text{N}^{7+}$	30
10-sep	E245	43	Non-equilibrium processes in deep inelastic collisions	Olmi	$^{116}\text{Sn}^{37+}$	25
05-nov	E245	40,5	id.		$^{93}\text{Nb}^{29+}$	4
08-nov	E245	71	id.		$^{94}\text{Nb}^{31+}$	25
14-nov	E246	52	Un faisceau de tritons de 40 MeV/u, un nouvel outil pour l'étude de la structure nucléaire	Laurent	$^{18}\text{O}^{8+}$	76
01-aoû	E248	78	Recherche de processus d'émission non statistique dans les spectres des protons de grande énergie	Laville	$^{36}\text{Ar}^{18+}$	95
14-déc	E250	87,5	Comparaison des sections efficaces totales de réaction avec des faisceaux de $^{42}\text{Sc}$ dans l'état fondamental et dans l'état isométrique	Ethvignot	$^{40}\text{Ca}^{20+}$	30
20-nov	E251	152	Mesure de la diffusion élastique et inélastique $^{10, 11, 12}\text{Be} + p, ^{12}\text{C}$	Alamanos Roussel-Chomaz	$^{18}\text{O}^{8+}$	76
5-sep	E253	62,5	Study of the particle stability of $^{26}\text{O}$ and $^{28}\text{O}$ in the reaction induced by a $^{36}\text{S}$ beam	Oganessian Lewitowicz	$^{36}\text{S}^{15+}$	77
28-nov	E253	145	id.			
09-oct	E255	91	Level mixing resonance (LMR) measurement of Q-pole moments of N isotopes	Neyens	$^{22}\text{Ne}^{10+}$	60,3



Date	N° Exp	Durée (h)	Intitulé	Porte Parole	Faisceau	E MeV/u
15-oct	E111a	163	Study of 2+ excitation energies in the neutron-rich $^{40,42,44}\text{S}$ isotopes	Sorlin	$^{36}\text{S}^{16+}$	77
07-avr	E133d	41,5	Study of Halos in thr Neutron-rich $A = 17$ nuclei	Orr	$^{40}\text{Ar}^{17+}$	70
23-avr	E133d	163	id.			
25-jun	E179e	92	Mesure de masse des noyaux déficients d'étain en utilisant le deuxième cyclotron	Auger	$^{50}\text{Cr}^{9+}$	5
14-sep	E182c	129	Recherche de la conversion interne vers un état atomique lié. Cas du $^{125}\text{Te}$	Attallah / Chemin	$^{125}\text{Te}^{38+}$	25
18-mai	E208b	128	The formation of hot and dense nuclear matter	Ostendorf	$^{24}\text{Mg}^{12+}$	95
27-sep	E226b	166	E266 ?? nov 95 (1)	Lewitowicz	$^{106}\text{Cd}^{44+}$	67
01-nov	E230a	112	Approfondissement de l'étude du mécanisme de réaction aux énergies du Ganil au moyen du multidétecteur Argos	Lanzano	$^{40}\text{Ar}^{18+}$	77
03-mai	E243	121	Search for $\mu\text{s}$ -Isomers among the quasi fragmentation products of a $^{86}\text{Kr}$ beam	Grzywacz	$^{86}\text{Kr}^{34+}$	60
29-mar	E245	59,5	Non-equilibrium processes in deep inelastic collisions	Olmi	$^{116}\text{Sn}^{37+}$	25
04-avr	E247	65,5	Le magnésium est-il schizophrène ?	Gillibert	$^{40}\text{Ar}^{17+}$	70
21-jul	E247	216	Le magnésium est-il schizophrène ?	Gillibert	$^{36}\text{S}^{16+}$	77
06-nov	E249a	80,5	Essais de nouveaux détecteurs pour les expériences avec des faisceaux radioactifs: étude de la réaction $^{56}\text{Ni}(p, p')$ $^{56}\text{Ni}$ avec Must	Auger	$^{40}\text{Ar}^{18+}$	77
08-mar	E252	80	Studies of light proton-rich nuclei by elastic resonance scattering of radioactive beams	Jonson	$^{12}\text{C}^{6+}$	75
21-nov	E257	187	Evolution du temps de fission en fonction de l'énergie d'excitation	Chevallier	$^{238}\text{U}^{58+}$	24
21-aoû	E261	163	$^{13}\text{C}$ -Induced reactions on $^{10}\text{Be}$ - and $^9\text{Be}$ - targets	Von Oertzen	$^{13}\text{C}^{6+}$	35
24-mai	E262	160	Mesure de l'énergie d'excitation des états isomériques de fission de $^{241}\text{Pu}$ et $^{242}\text{Am}$	Mittig	$^{238}\text{U}^{28+}$	5,5
06-sep	E263	174	Recherche de nouveaux isotopes riches en protons dans la région $Z=38-44$ et l'influence de la déformation sur les embranchements $\beta\text{p}$	Blank / Mische	$^{92}\text{Mo}^{37+}$	60
02-jul	E267	192	Spectroscopy of very neutron-rich nuclei produced in the quasi fragmentation of a $^{36}\text{S}$ beam	Page	$^{36}\text{S}^{16+}$	77
14-mar	E269	168	Elastic scattering of light weakly bound nuclei : study of $^6\text{He}$ and $^8\text{B}$	Roussel	$^{12}\text{C}^{6+}$	75
09-mai	E270	72	Mesure de résonance de basse énergie dans le $^{48}\text{Ca}$	Ottini	$^{86}\text{Kr}^{34+}$	60
19-jun	E271	109	$\beta$ -decay of $^{40}\text{Ti}$ and the efficiency of the $^{40}\text{Ar}$ neutrino detector	Garcia	$^{50}\text{Cr}^{23+}$	82
30-oct	E273	7	E273 Borderie Dayras Ni 15/30 MeV nov95(3)	Steckmeyer	$^{36}\text{S}^{16+}$	77
31-oct	E273	24	id.	Steckmeyer	$^{40}\text{Ar}^{18+}$	77
30-aoû	E279	166	Search for micro-second Isomeric States in Neutron Deficient Nuclei around $A=80$	Regan Warner	$^{92}\text{Mo}^{37+}$	60
24-oct	E283	140	Shell Structure of the Nickel Isotopes at and Beyond the Neutron Number $N=40$	Azaiez	$^{36}\text{S}^{16+}$	77

## 2 Expériences réalisées en Physique des Ions Rapides

1995

Date	N° Exp	Durée (h)	Intitulé	Porte Parole	Faisceau	E MeV/u
01-oct-	P381	132,	Etude du mélange des états de structure fine du $Kr^{35+}$ peuplés par simple excitation en cible solide	Vernhet	86 Kr $^{34+}$	60
03-nov	P198	33	Transitions 3-3 de MO XXXII, ..., Xe XLIV	Buchet	93Nb $^{29+}$	4
20-dec	P344	22	Effets des excitations électroniques denses dans les cibles nanométriques	Dooryhee	208Pb $^{23+}$	4,5
22-déc	P371	45	Effets de la charge incidente sur le rendement de pulvérisation du mica	Boufard	208Pb $^{23+}$	4,5
20-dec	P385	12	Supraconducteurs	Simon	208Pb $^{23+}$	4,5
19-dec	P394	16	Traces polarisantes	Ravach	208Pb $^{23+}$	4,5

1996

Date	N° Exp	Durée (h)	Intitulé	Porte Parole	Faisceau	E MeV/u
08-mar	P370	31,5	Observation directe par radiolyse pulsée au GANIL des radicaux libres de l'eau	Hickel	12C $^{6+}$	75
19-jul	P370	33	id.		36S $^{16+}$	78
23-mar	P410	71,5	Etude de l'ionisation dissociative de molécules par impact d'ion lourd rapide multichargé	Cassimi	129Xe $^{41+}$	6
02-jun	P372	130,	RT2E	Dauvergne	93Nb $^{36+}$	56
12-jul	P382	35	Supraconducteurs	Konczykowski	208Pb $^{56+}$	29
15-jul	P385	32	Supraconducteurs	Simon	208Pb $^{56+}$	29
01-mai	P387	24	Etude de l'endommagement créé par des ions lourds dans des détecteurs au silicium	Mangiagalli	86Kr $^{34+}$	60
14-jul	P390	24	Bismuth	Dufour	208Pb $^{56+}$	29
20-nov	P399	14	Supraconducteurs	Konczykowski	238U $^{58+}$	24
16-jul	P400	24	Parois de Bloch	Nozieres	208Pb $^{56+}$	29
17-jul	P402	8	Alliages amorphes	Greneche	208Pb $^{56+}$	29
15-nov	P411	64	Soft-Collisions	Stolterfoht	36Ar $^{18+}$	95
17-jul	P417	13	Etude des interactions des ions lourds énergétique et des polymères biodégradables en vue de la préparation de membranes track-etched	Legras	208Pb $^{56+}$	29
20-nov	P426	27	Nanofils magnétiques obtenus par irradiation de films minces d'alliages intermétalliques	Nozieres	238U $^{58+}$	24

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

## ANNEXE 2

**NEXT PAGE(S)  
left BLANK**

**TABLEAU DES FAISCEAUX DEJA ACCELERES**  
**AVEC LEURS CARACTERISTIQUES**  
**AU 31 DECEMBRE 1996**

ION		ETAT DE CHARGE	FREQUENCE HF	ENERGIE FINALE	INTENSITE SUR CIBLE
type	masse	source/final	MHz	MeV/u	nAe
C	12	4/6	13,45	95	2000
C	12	3/6	13,45	96,3	2000
C	13	2/6	8,54	35	5200
C	13	3/6	10,97	60	3000
C	13	3/6	12,13	75	2400
N	14	2/7	7,938	30	1000
N	14	3/7	13,45	95	2400
O	16	3/8	9,52	44	4500
O	16	3/8	11,76	70	2800
O	16	4/8	13,45	95	2100
O	17	4/8	12,75	84	2200
O	18	3/8	10,1	50	3500
O	18	4/8	11,225	63	2800
O	18	4/8	12,2	76	2300
Ne	20	3/10	9,893	48	4000
Ne	20	5/10	13,45	95	2100
Ne	22	5/10	11	60	3000
Mg	24	5/12	11,77	70	500
Mg	24	7/12	13,45	95	500
S	36	10/16	12,31	77,5	2200
Ar	36	4/16	7,55	27,1	5000
Ar	36	5/16	8,19	32	5000
Ar	36	5/17	8,77	37	5000
Ar	36	5/17	9,31	42	4000
Ar	36	5/17	9,478	44	4000
Ar	36	10/18	13,45	95	2100
Ar	40	7/18	7,94	30	5000
Ar	40	6/15	8,66	36	4000
Ar	40	7/17	9,52	43,8	3800
Ar	40	7/17	9,6	45	3700
Ar	40	7/17	11,77	70	2400
Ar	40	9/18	12,27	76,9	2300
Ar	40	9/17	11,053	60,9	2700
Ca	40	7/18	7,94	30	250
Ca	40	6/19	10,1347	50,4	250
Ca	40	9/20	13,455	95	500
Ca	48	8/19	11	60,3	250
Cr	50	11/22	10,81	58	500
Cr	50	13/23	12,62	82	500
Cr	52	10/23	12,15	75	500
Ni	58	11/26	12,06	74	500
Ni	58	15/28	13,145	89,97	100
Ni	58	10/26	11,651	68,5	500
Ni	58	10/26	11,95	72,5	500
Ni	64	10/26	11,061	61	500

ION		ETAT DE CHARGE	FREQUENCE HF	ENERGIE FINALE	INTENSITE SUR CIBLE
type	masse	source/final	MHz	MeV/u	nAe
Zn	64	13/29	12,42	79	100
Cu	65	13/27	11,33	64,4	500
Kr	78	16/34	11,99	73	500
Kr	84	11/31	9,055	39,55	1000
Kr	84	14/33	11	60	1000
Kr	86	10/30	8,55	35	1000
Kr	86	12/31	9,43	43,1	1000
Kr	86	14/34	11	60	500
Mo	92	16/37	10,975	60	100
Nb	93	13/31	7,28	25	200
Nb	93	14/33	8,075	31	200
Nb	93	16/36	10,64	56	200
Cd	106	21/44	11,5	66,5	50
Ag	107	18/38	8,71	36,4	100
Ag	109	18/38	8,55	35	100
Sn	112	19/46	11,222	63	200
Sn	112	17/43	10,8	57,9	200
Sn	116	16/37	7,28	25	100
Te	125	17/38	7,28	25	50
Te	125	17/38	7,55	27	50
Xe	129	14/37	7,55	27	500
Xe	129	15/38	7,935	30	500
Xe	129	15/41	8,012	30,65	500
Xe	129	18/44	9,52	44	500
Xe	129	20/44	9,4	42,8	500
Xe	132	18/42	8,48	34,44	500
Xe	132	18/45	9,649	45,4	500
Sm	154	20/46	8,207	32	<100
Gd	155	19/47	8,672	36,1	<100
Gd	157	19/47	8,562	35,1	<100
Gd	158	19/47	8,5073	34,7	<100
Ta	181	24/55	8,66	36	50
Ta	181	24/57	9,055	40	50
Pb	208	23/56	7,82	29	50
U	238	24/58	7,13	24	20

**Remarques :**

- Tous les faisceaux issus de CSS1 sont disponibles pour la SME (avec une énergie comprise entre 4 et 13 MeV/u). Ils peuvent aussi être envoyés directement dans les salles de physique haute énergie,
- les intensités sur cible mentionnées nécessitent l'utilisation d'isotopes purs dans la source,
- les intensités produites dépendent des états de charges donc de l'énergie. En conséquence, il n'est pas possible de déduire l'intensité d'un faisceau d'énergie différente sans une étude préalable.
- la puissance du faisceau issu de CSS2 est pour l'instant volontairement limitée à 400 W pour la sécurité des équipements.

## **LISTE DES PUBLICATIONS**

**NEXT PAGE(S)**  
**left BLANK**

## BIBLIOGRAPHIE 1995

### PRETIRAGES GANIL

*GANIL A 95 01*

#### **DEVELOPMENTS OF COMPACT PERMENENT MAGNET ECRIS**

SORTAIS P. ET AL.

*GANIL - CAEN*

*12th Int. Workshop on ECR Ion Sources, April 25-27, 1995, RIKEN Japon*

*GANIL A 95 02*

#### **PRODUCTION OF MULTICHARGED METALLIC IONS BY THE ASSOCIATION OF AN EXCIMER LASER AND AN ECR ION SOURCE**

BEX L. ET AL.

*GANIL - CAEN, CRISMAT ISMRA - CAEN*

*Nuclear Inst. & methods in Physics Research, Section A, Vol 365, n° 2-3 p564-7*

*GANIL S 95 01*

#### **NEW COMPACT CYCLOTRON DESIGN FOR SPIRAL**

DUVAL M. ET AL.

*GANIL - CAEN*

*IEEE Transactions on Magnetics, Vol 32, n° 4, p71, 2194-6*

*GANIL S 95 02*

#### **ECRIS OPTIMISATION FOR ON LINE PRODUCTION**

LEROY R. ET AL.

*GANIL - CAEN, LPC - CAEN, CENBG - GRADIGNAN, IPN - ORSAY, IFUSP - SAO PAULO, CSNSM - ORSAY*

*12th Int. Workshop on ECR Ion Sources, April 25-27, 1995, RIKEN Japon*

*GANIL A 95 03*

#### **UPGRADING THE GANIL FACILITIES FOR HIGH-INTENSITY HEAVY ION BEAMS (T.H.I. PROJECT)**

BARON E. ET AL.

*GANIL - CAEN*

*14th Int. Conference on Cyclotrons and their Applications, Cap Town, 8-13th October 1995*

*GANIL A 95 04*

#### **ACQUISITION & DISPLAY OF BEAM PROFILERS**

DAVID. L. ET AL.

*GANIL - CAEN*

*ICALEPS, Chicago 1995, 30th. October - 3d November 1995*

*GANIL A 95 05*

#### **STATUS REPORT ON THE GANIL RENOVATION PROGRAM**

LOYER F. ET AL.

*GANIL - CAEN*

*14th Int. Conference on Cyclotrons and their Applications, Cap Town, 8-13th October 1995*

GANIL S 95 03

**EXTRACTION STUDIES ON ECR ION SOURCES**

LEROY R. ET AL.

GANIL - CAEN

*Review of Scientific Instruments, Vol 67, n° 3, pt2, 1350-2*

GANIL S 95 04

**STATUS OF SPIRAL, THE RADIOACTIVE BEAM PROJECT AT GANIL**

LIEUVIN M. ET AL.

GANIL - CAEN

*14th Int. Conference on Cyclotrons and their Applications, Cap Town, 8-13th October 1995*

GANIL S 95 05

**THE DIAGNOSTICS SYSTEM FOR THE SPIRAL R.I.B. FACILITY**

LAUNE B. ET AL.

IPN - ORSAY, GANIL - CAEN

*14th Int. Conference on Cyclotrons and their Applications, Cap Town, 8-13th October 1995*

GANIL S 95 06

**GENERAL REVIEW OF RECENT DEVELOPMENTS FOR ECR ION SOURCES**

SORTAIS P.

GANIL - CAEN

*6th Int. Conf. on Ion Sources, September 10-16, 1995, Whistler, BC, Canada*

**RAPPORTS INTERNES GANIL**

GANIL504.95

**PRESENTATION DU PUPITRE OPERATEUR GRAPHIQUE OP35 POUR LA COMMANDE EN LOCAL DES AUTOMATES PROGRAMMABLES DE L'ACCELERATEUR**

ROZE JF.

GANIL505.95

**PROPOSITION DE MODIFICATIONS DU CONTROLE COMMANDE DE LA SOURCE ECR4 DU C01**

BAUMGARTEN R.

GANIL506.95

**ESSAI DE SOUFRE**

LEHERISSIER P.

GANIL510.95

**OPTIMISATION DU TEMPS DE REGLAGE DE L'ACCELERATEUR "PROGRAMME D'ACTION"**

LOYER F.

GANIL520.95

**ETALONNAGE DES CARTES VME AVEC CONVERSION LOG I/V**

PETIT E. - JAMET C.



*GANIL534.95*  
**OPTIQUES PARTICULIERES POUR LES REGLAGES DE SISSI**  
SAVALLE A.

*GANIL543.95*  
**PROCEDURE DE SAUVEGARDE ET DE RESTAURATION DES PROGRAMMES DES API  
SIEMENS DE L'ACCELERATEUR**  
ROZE JF.

*GANIL546.95*  
**CAHIER DES CHARGES DE L'ANALYSE DE LA SOURCE**  
LECLERCQ AS. - DAVID L. - GALARD C.

*GANIL559.95*  
**FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF DE SIGNALISATION DES BALISES SPR**  
DEROY JC.

*GANIL562.95*  
**PRODUCTION D'UN FAISCEAU DE  $^{92}\text{Mo}$  PAR LA SOURCE ECR4**  
LEHERISSIER P.

*GANIL567.95*  
**OPTIMISATION DE L'OPTIQUE DE LA SALLE G22**  
SAVALLE A.

*GANIL568.95*  
**AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU TREFLE DE SISSI COMME DIAGNOSTIC DE  
PERTES DE FAISCEAU ET POUR LE REGLAGE**  
SAVALLE A.

*GANIL569.95*  
**FAISCEAUX D'IONS UTILISABLES A GANIL EN 1996**  
LOYER F.

*GANIL572.95*  
**HACHEUR DE L'INJECTION AXIALE 100 kV**  
LAMARE D.

*GANIL578.95*  
**SYSTEME DE CONTROLE "DIPOLES" MODE D'EMPLOI**  
GALARD C.

*GANIL581.95*  
**FAISCEAUX DE  $^{93}\text{Nb}$  ET DE  $^{116}\text{Sn}$  A 25 MeV/A**  
MOSCATELLO MH.

*GANIL582.95*  
**RENOVATION DU SYSTEME DE TELECOMMANDE DES ALIMENTATIONS DU GANIL**  
SENECAL G.

*GANIL586.95*

**OPTIQUE DE LA LIGNE L1 (C01 --> CSS1)**  
SAVALLE A

*GANIL587.95*

**THI : SUR LE CAHIER DES CHARGES DES PROFILEURS A GALETES DE  
MICROCANAUX**  
BARON E.

*GANIL591.95*

**REFONTE DES DOCUMENTS DU PCP**  
GUDEWICZ P.

## BIBLIOGRAPHIE 1996

### PRETIRAGES GANIL

GANIL A 96 01

#### RAPPELS THEORIQUES SUR LES CYCLOTRONS

MOSCATELLO MH.

GANIL - CAEN

*Ecole "Dynamique des Faisceaux et Accélérateurs de Particules", Lalonde Les Maures, IN2P3 25/01 au 1/02/96*

GANIL S 96 01

#### DYNAMIQUE DES FAISCEAUX ET ACCELERATEURS DE PARTICULES DU 24 JANVIER AU 1ER FEVRIER 1996

BERTRAND P.

GANIL - CAEN

*Ecole "Dynamique des Faisceaux et Accélérateurs de Particules", Lalonde Les Maures, IN2P3 25/01 au 1/02/96*

GANIL S 96 02

#### DYNAMIQUE DES FAISCEAUX ET ACCELERATEURS DE PARTICULES

LIEUVIN M.

GANIL - CAEN

*Ecole "Dynamique des Faisceaux et Accélérateurs de Particules", Lalonde Les Maures, IN2P3 25/01 au 1/02/96*

GANIL S 96 03

#### RADIOACTIVE ION BEAM PRODUCTION TESTS FOR SPIRAL

LECESNE N. ET AL.

GANIL - CAEN, LPC ISMRA - CAEN, CENBG - GRADIGNAN, IPN - ORSAY, IFUSP - SAO PAULO, CSNSM - ORSAY

*XXXIV Int. Winter Meeting on Nuclear Physics, January 22-27, 1996, Bormio, Italy*

GANIL A 96 02

#### THE SISSI FACILITY AT GANIL

SAVALLE A. ET AL.

GANIL - CAEN

*5th European Particle Accelerator Conference, EPAC 96, Sitges, 10-14 juin 1996*

GANIL S 96 03b

#### DESIGN ISSUES OF RADIOACTIVE ION BEAM FACILITIES

LIEUVIN M.

GANIL - CAEN

*5th European Particle Accelerator Conference, EPAC 96, Sitges, 10-14 juin 1996*

GANIL S 96 04

#### NEWS FROM THE SPIRAL PROJECT AT GANIL

VILLARI ACC. AND THE SPIRAL GROUP

GANIL - CAEN

*4th Int. Conf. on Radioactive Nuclear Beams, Omiya, Japan, June 1996*

*GANIL S 96 05*

**THE RADIO FREQUENCY SYSTEMS FOR THE THI AND SPIRAL PROJECTS AT GANIL**  
DI GIACOMO M. - BIETH C.

*GANIL - CAEN*

*XXX ECPM Catania, September 1996*

*GANIL S 96 06*

**A NEW METHOD FOR MEASURING THE ABSOLUTE EFFICIENCY OF ISOTOPE  
SEPARATION ON-LINE SYSTEMS**

LECESNE N. ET AL.

*GANIL - CAEN, LPC ISMRA - CAEN, CENBG - GRADIGNAN, IPN - ORSAY, IFUSP - SAO PAULO,  
CSNSM - ORSAY*

*GANIL S 96 07*

**ECR DEVELOPMENT FOR ACCELERATED RADIOACTIVE ION BEAMS**

VILLARI ACC.

*GANIL - CAEN*

*Thirteenth Int. Conf. EMIS 3 Bad Dürkheim, Germany, September 1996*

*GANIL S 96 08*

**SUR LA POSSIBILITE D'ACCELERER SIMULTANEMENT X+ ET X- DANS UN MÊME  
CYCLOTRON A SECTEURS SEPARES : LE BICYCLOTRON**

CHABERT A.- BOY L.

*GANIL - CAEN*

*GANIL R96 05*

**GUIDE DE L'UTILISATEUR DE SISSI**

MOSCATELLO MH. et le GROUPE SISSI

## **RAPPORTS INTERNES GANIL**

*GANIL503.96*

**CHAMP CSS2**

MOSCATELLO MH.

*GANIL504.96*

**ENVELOPPE DE FAISCEAU THEORIQUE ET PRATIQUE AU NIVEAU DU TREFLE DE  
SISSI - DIMENSION NECESSAIRE DE CE TREFLE**

SAVALLE A.

*GANIL509.96*

**SYSTEME DE CONTROLE - LES AFFICHAGES GRAPHIQUES AVEC MOTIF**

DAVID L. - MAUGEAIS C.

*GANIL512.96*

**PROJET DE FOUR 2000° C POUR LA PRODUCTION D' IONS METALLIQUES À GANIL**  
LEHERISSIER P. - PACQUET JY.

*GANIL516.96*

**SYNTHESE D' UNE ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES DISPOSITIFS DE MESURE D' INTENSITE DE FAISCEAU**  
ETAIX G.

*GANIL521.96*

**FIABILISATION DES ALIMENTATIONS HEINZINGER 100 kV**  
DUGAY G. - HAMELIN J. - MARESCAL J.

*GANIL524.96*

**CONTROLE DE SPIRAL : ESTIMATION DE L' INSTALLATION DES INTERFACES TEMPS REEL**  
DAVID L. - DUNEAU P. - LECORCHE E. - LERMINE P. - LOYANT JM.

*GANIL528.96*

**ESSAIS TECHNIQUES DE DIAGNOSTICS DE FAISCEAU FAITS LE 5 AVRIL 96**  
LOYER F.

*GANIL529.96*

**EXPERTISE SUR SISSI DU 12 AVRIL 1996**  
LOYER F.

*GANIL541.96*

**PRESENTATION ET UTILISATION DE L' UGS-R**  
JAMET C.

*GANIL544.96*

**PROJET COMMANDE ET CONTROLE DES CAVITES HF DE CIME**  
LECHARTIER M.

*GANIL546.96*

**APPLICATION DE VISUALISATION DES ARCHIVAGES COURT TERME**  
LERMINE P.

*GANIL549.96*

**VISUALISATION DE L' ETAT DU VIDE DE LA MACHINE - PROPOSITION TECHNIQUE**  
ROZE JF.

*GANIL552.96*

**PROPOSITION POUR UNE NOUVELLE OPTIQUE "DEGRADEUR DANS L'ALPHA"**  
SAVALLE A.

*GANIL556.96*

**OSCILLATIONS 80 Hz DANS C01**  
SAVALLE A. - LOYER F.

*GANIL558.96*

**PRECISIONS SUR LA NOUVELLE OPTIQUE "DEGRADEUR DANS L'ALPHA"**  
SAVALLE A.

*GANIL559.96*

**DIVISEUR DE FREQUENCE PAR 4**  
LEYGE JF.

*GANIL560.96*

**FAISABILITE D'UN FAISCEAU DE Ni AVEC LA SOURCE ECR4 PAR LA METHODE DU mFOUR**  
LEHERISSIER P.

*GANIL562.96*

**PRINCIPE D'UNE TETE "TOMOGRAPHIQUE" POUR SISSI**  
LOYER F.

*GANIL563.96*

**BIBLIOTHEQUE GRAPHIQUE COMMUNE PC/MAC**  
OUTIN D.

*GANIL567.96*

**RENOVATION DES DCCT DES ALIMENTATIONS HAZEMEYER**  
CORDIER F. - DUGAY G.

*GANIL568.96*

**SYSTEME DE CONTROLE - LES SERVEURS POSTSCRIPT**  
DAVID L.

*GANIL569.96*

**RENOVATION DU SYSTEME DE CONTROLE DE LA HF DE CSS2**  
LECHARTIER M.

*GANIL572.96*

**FAISCEAUX D'IONS UTILISABLES À GANIL EN 1997**  
LOYER F.

*SP1574.96*

**STABILISATION DE LA PHASE HF DES RESONATEURS CIME**  
LECHARTIER M.

*GANIL580.96*

**AUTOMATE DE CONTROLE DES SECURITES DE LA SOURCE ECR4/C02 - DOCUMENT DE SYNTHESE**  
BERTHE C.